

Taitorakenteiden tarkastusohje



Taitorakenteiden tarkastusohje

Liikenneviraston ohjeita 17/2013

*Kannen kuvat: Mäntsälän asema/ Ari Savolainen, Kotkan majakka/ Mauno Alaluusua,
Kirkonvarkauden riippusilta/ Pekka Mantere*

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-663X
ISBN 978-952-255-275-4

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-6648
ISBN 978-952-255-274-7

Kopijyvä
Kuopio 2013

Julkaisua (myy)/saatavana
paino.kuopio@kopijyva.fi

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0295 34 3000

Kunnossapitotoimiala KTO

Väylätekniikkaosasto

Vastaanottaja

KTO:n yksiköt, ELY-keskukset

Säädösperusta

Korvaa/muuttaa

Tiehallinto, Sillantarkastusohje, TIEH 2000008-04, TIEH 200000-v-04

Kohdistuvuus

Liikennevirasto, ELY-keskukset

Voimassa

15.4.2013 alkaen toistaiseksi

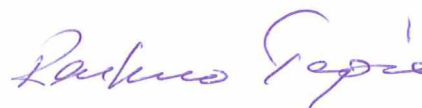
Asiasanat

taitorakenteet, sillat, laiturit, tunnelit, rautatierummut, kanavarakenteet, kiinteät merimerkit, tarkastaminen

Taitorakenteiden tarkastusohje

Taitorakenteiden tarkastusohje on Liikenneviraston eri väylämuotojen taitorakenteiden tarkastamisen perusohje. Ohjeessa käsitellään Liikenneviraston tarkastusjärjestelmää, tarkastusmenetelmiä, rakenteiden tyypillisiä vaurioita sekä rakennusmateriaalien ikäkäyttäytymistä. Ohjeessa määritellään tarkastajapätevyyydet.

Ylijohtaja
Kunnossapitotoimiala



Raimo Tapio

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

LISÄTIETOJA

Minna Torkkeli

Liikennevirasto

puh. 020 637 3632

Esipuhe

Tämä asiakirja määrittelee Liikenneviraston kaikkien väylämuotojen taitorakenteiden tarkastustoiminnan. Se on täysin uusittu laitos Tiehallinnon vuonna 2004 julkaistusta sillantarkastusohjeesta. Asiakirjassa esitetty tarkastusjärjestelmä pohjautuu Tiehallinnon aikaiseen sillantarkastustoimintaan, joka on laajennettu koskemaan kaikkia Liikenneviraston eri väylämuotojen taitorakenteita.

Taitorakenteiden ylläpidon merkitys ja siihen liittyvä kunnon seuranta ovat oleellinen osa hyvää rakenteiden hallintaa. Tehokasta ja oikein kohdennettua toimintaa varten tarvitaan toimiva tarkastusjärjestelmä ja yhteisesti hyväksytyt ja yleisesti noudatettavat toimintaperiaatteet, joihin kaikki taitorakenteiden ylläpidon eri osa-alueilla työskentelevät vastuuhenkilöt sitoutuvat.

Yksityiskohtaiset ohjeet rakenteiden tarkastamisesta ja vaurioiden kirjaamisesta esitetään erillisissä tarkastuskäsikirjoissa, ohjeissa ja laatuvaatimuksissa.

Tämän asiakirjan laatineen työryhmän puheenjohtajina ovat toimineet yksikön päällikkö Minna Torkkeli ja silta-asiantuntija Marja-Kaarina Söderqvist taitorakenneyksiköstä. Työryhmän jäseninä ovat olleet vesiväylien kunnossapidon asiantuntija Risto Lång väylänpidon suunnittelu -yksiköstä, vesiväylänpidon ja hankinnan asiantuntija Mauno Alaluusua väylänpidon ohjaus ja kehittäminen -yksiköstä, yksikön päällikkö Tero Sikiö sisävesiväylät -yksiköstä, aluepäällikkö Veli-Matti Hirvonen radanpito-yksiköstä, insinööri Ilkka Kuulas, silta-asiantuntija Matti Piispanen, ylitarkastaja Pekka Siitonen ja projektipäällikkö Timo Tirkkonen taitorakenneyksiköstä, siltainasinööri Olli-Pekka Aalto Uudenmaan ELY-keskuksesta sekä sihteerinä ja toimittajana Ari Savolainen Sito Oy:stä.

Helsingissä huhtikuussa 2013

Liikennevirasto
Kunnossapitotoimiala
Väylätekniikkaosasto/Taitorakenneyksikkö

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
2	TAITORAKENTEET, NIIDEN TOIMINTA JA YLEISPIIRTEET	9
2.1	Yleistä	9
2.2	Sillat	10
2.2.1	Yleistä	10
2.2.2	Tiesillat	10
2.2.3	Rautatiesillat ja -rummut	11
2.2.4	Kevyen liikenteen sillat	13
2.2.5	Väyliä ylittävät siltamaiset rakennukset	14
2.2.6	Siltarakenteet	15
2.2.7	Siltojen rakenteellinen toiminta	16
2.3	Tunnelit ja kallioleikkaukset	21
2.3.1	Yleistä	21
2.3.2	Kallioleikkaukset	26
2.4	Tukimuurit	27
2.5	Kanavarakenteet	29
2.5.1	Yleistä	29
2.5.2	Sulut	30
2.5.3	Padot, turvapadot ja lapot	31
2.6	Laiva- ja uittojohteet	32
2.7	Laiturit ja lauttapaikat	33
2.8	Kiinteät merimerkit	35
2.9	Muut infrarakenteet	36
2.9.1	Rautateiden liikennepaikat	36
2.9.2	Paalulaatta- ja paaluhatturakenteet	38
2.9.3	Meluesteet	38
2.9.4	Portaat	40
3	TAITORAKENTEIDEN YLLÄPITO	41
3.1	Yleistä	41
3.2	Taitorakenteiden hallinta	42
3.2.1	Rakenteiden ylläpidon ja kunnonhallinnan periaatteet	42
3.2.2	Vastuut	43
3.2.3	Taitorakenteiden kuntoluokitus	45
3.2.4	Taitorakennerekisteri	46
3.3	Taitorakenteiden tarkastaminen	47
3.3.1	Tarkastustoiminta	47
3.3.2	Tarkastustoiminnan tarkoitus	47
3.3.3	Hyväksytyt taitorakenteiden tarkastajat	47
4	TARKASTUSJÄRJESTELMÄ	49
4.1	Yleistä	49
4.2	Tarkastustyytit ja kunnonhallinta	50
4.3	Vastaanottotarkastus	53
4.4	Vuositarkastus	53
4.4.1	Yleistä	53
4.4.2	Tarkastuksen suoritus	53
4.4.3	Raportointi	54

4.5	Yleistarkastus	54
4.5.1	Yleistä	54
4.5.2	Tarkastuksessa tarkastettavat kohteet	57
4.6	Laajennettu yleistarkastus	64
4.6.1	Yleistä	64
4.6.2	Tarkastettavat sillat	65
4.6.3	Tarkastusväli	65
4.6.4	Tarkastuksen suorittaminen	66
4.6.5	Tutkimusten laajuus	66
4.7	Erikoistarkastus	68
4.7.1	Yleistä	68
4.7.2	Erikoistarkastuksen ajoitus	69
4.7.3	Erikoistarkastuksen toteutus	69
4.8	Tehostettu tarkkailu	70
4.8.1	Yleistä	70
4.8.2	Suunnittelu ja toteutus	71
5	TARKASTUSTOIMINTA	73
5.1	Tarkastajien pätevyydet	73
5.2	Tarkastustyö	73
5.2.1	Yleistä	73
5.2.2	Työskentely tiealueella	73
5.2.3	Työskentely rautatien läheisyydessä	73
5.2.4	Työskentely vesiväylien läheisyydessä	74
5.3	Tarkastustoiminnan työturvallisuus	75
5.3.1	Yleistä	75
5.3.2	Liikennejärjestelyt	76
6	TARKASTUSMENETELMÄT	77
6.1	Tarkastusmenetelmät tarkastustyypeittäin	77
6.2	Näköhavainnot	79
6.3	Rakenteiden mittaus	79
6.3.1	Yleistä	79
6.3.2	Tarkkailupisteet	80
6.3.3	Pituuden mittaus	80
6.3.4	Saumojen ja halkeamien leveyden mittaus	81
6.4	Optiset kojeelliset mittausmenetelmät	81
6.4.1	Vaaitus	81
6.4.2	Täkymetrimittaus	81
6.4.3	Laserkeilaus	82
6.5	Muut mittaukset	82
6.5.1	Siltarakenteet	82
6.5.2	Taitorakenteet yleensä	83
6.6	Pintatestaus	83
6.6.1	Betonirakenteet	83
6.6.2	Teräsrakenteet	84
6.6.3	Puurakenteet	84
6.7	Erikoistutkimukset	85
6.7.1	Yleistä	85
6.7.2	Betonirakenteet	85
6.7.3	Kohteessa tehtävät erikoistutkimukset betonirakenteista	87
6.7.4	Teräsrakenteet	91

6.7.5	Kohteessa tehtävät erikoistutkimukset teräsrakenteista	92
6.7.6	Näytteistä tehtävät erikoistutkimukset teräsrakenteista	92
6.7.7	Puurakenteet.....	93
6.7.8	Vedenalaiset tutkimukset.....	93
6.7.9	Muita tutkimusmenetelmiä	96
6.8	Monitorointi ja koekuormitukset	98
6.8.1	Monitorointi.....	98
6.8.2	Siltojen koekuormitukset.....	99
7	MATERIAALIEN VAURIOT	101
7.1	Betonirakenteiden vauriot	101
7.1.1	Yleistä	101
7.1.2	Pintavauriot.....	103
7.1.3	Halkeamat.....	104
7.1.4	Raudoituksen korroosio	106
7.1.5	Muut vauriot	107
7.2	Teräsrakenteiden vauriot	107
7.2.1	Yleistä	107
7.2.2	Korroosio	108
7.2.3	Väsyminen ja sen aiheuttama säröily.....	110
7.2.4	Pintakäsittelyn vaurioituminen	112
7.2.5	Liitosten vaurioituminen.....	112
7.3	Puurakenteiden vauriot	114
7.4	Kivi- ja muurattujen rakenteiden vauriot	115
8	VAURIOIDEN KORJAAMINEN.....	117
8.1	Yleistä	117
8.2	Korjaamisen periaateratkaisut.....	118
8.3	Korjaussuunnittelu.....	119
8.3.1	Betonirakenteet	120
8.3.2	Metallirakenteet	122
8.3.3	Puurakenteet.....	123
8.3.4	Kivi- ja muuratut rakenteet	123

LIITTEET

Liite 1	Käsitteet ja määritelmät
Liite 2	Tarkastajapätevyudet
Liite 3	Tarkastustoiminta rautatiealueella
Liite 4	Tarkkailusillat
Liite 5	Rakenteen tehostettu tarkkailu, tarkastusselostus
Liite 6	Tiesiltojen suunnittelukuormien kehitys
Liite 7	Rautatiesiltojen suunnittelukuormien kehitys
Liite 8	Taitorakenteiden tarkastustoiminnan kehitys

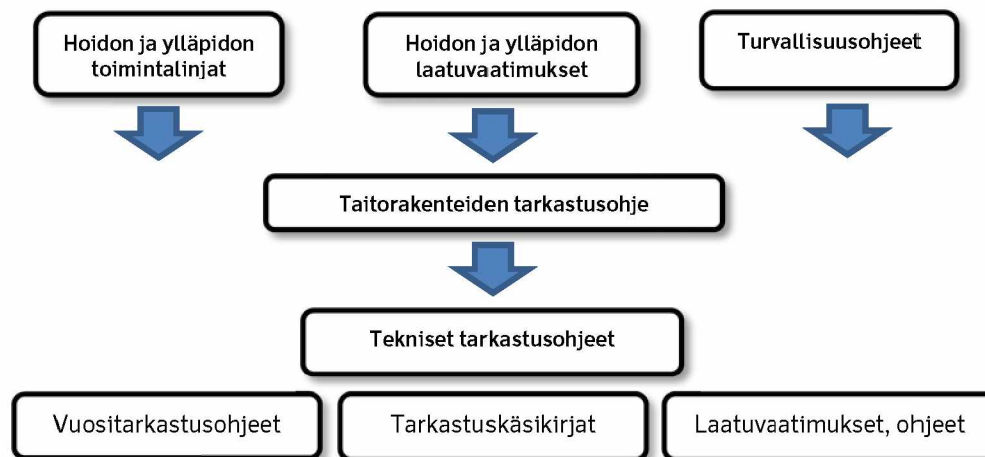
1 Johdanto

Taitorakenteiden tarkastusohje toimii ohjejulkaisuna Liikenneviraston hallinnoimien taitorakenteiden käytönaikaisen ylläpitoon liittyvän tarkastustoiminnan periaatteiden, toimintatapojen ja menetelmien osalta.

Ohje on käytettävissä muidenkin omistajaorganisaatioiden kuin ainoastaan Liikenneviraston hallinnoimien taitorakenteiden tarkastustoiminnan suunnitteluun, toteutukseen ja kunnossapidon hallintaan. Kunnat, kaupungit ja yksityiset taitorakenteiden omistajat voivat, soveltuvien osin, ottaa ohjeen käyttöönsä.

Merenkululaitoksen, Ratahallintokeskuksen ja Tiehallinnon yhdistyttyä Liikennevirastoksi on kaikkiin väylämuotoihin (tiet, rautatiet ja vesiväylät) liittyvien taitorakenteiden hallinta yhden viraston vastuulla. Taitorakenteiden tarkastusohje on ensimmäinen tarkastustoimintaa käsittelevä ohje, jossa on käsitelty kaikkien väylämuotojen taitorakenteiden tarkastustoiminta yhtenä kokonaisuutena. Taitorakenteiden tarkastusohje tukee osaltaan kaikkien väylämuotojen taitorakenteiden ylläpito- ja hallintajärjestelmän kehittämistä. Käynnissä oleva taitorakennerekisterin ja taitorakenteiden hallintajärjestelmän kehittäminen sekä tämä taitorakenneohje antavat työkaluja ja ohjeita kaikkien taitorakenteiden hallintaan, taitorakenteiden ylläpidon sekä kunnossapidon suunnitteluun ja ohjelmointiin.

Taitorakenteiden tarkastusohje toimii ylemmän tason ohjeena taitorakennekohtaisille erillisille tarkastusohjeille (esim. vuositarkastusohjeet, tarkastuskäsikirjat). Ohjeessa tuodaan esille taitorakenteiden tarkastustoiminnan suunnittelun ja toteutuksen periaatteelliset menettelytavat ja sitä voidaan soveltuvin osin käyttää tarkastustoiminnan suunnittelun ja toteutuksen apuna, jos erillisiä tarkastusohjeita ei tietyiltä osin ole olemassa.



Taitorakenteiden tarkastusohjeessa esitetään pääpiirteittäin eri taitorakennetyypit ja käsitellään mm. niiden ominaisuudet, toiminta, vauriomekanismit, tarkastuksessa erityisesti huomioitavat asiat jne. Taitorakenteet ovat teräsbetonista, jännitetystä betonista, puusta, teräksestä (metallista) tai niiden yhdistelmistä tehtyjä rakenteita, jotka ovat liikenneväyläverkon osia.

"Taitorakenteita ovat kaikki sellaiset rakenteet, joiden rakentamiseksi on laadittava lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat ja joiden rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai liikennejärjestelmälle ja/ tai merkittäviä korjauskustannuksia rakenteelle tai sen välittömälle ympäristölle."

2 Taitorakenteet, niiden toiminta ja yleispiirteet

2.1 Yleistä

Tässä ohjeessa on käyty pääpiirteittäin läpi kaikki Liikenneviraston hallinnoimat taitorakennetyypit. Ohje antaa perusteet tarkastustoiminnan suunnittelua ja toteutusta varten myös niille taitorakenteille, joita ei tässä ohjeessa ole erikseen käsitelty.

Taitorakenteiden tarkastusohje käsittelee taitorakenteiden rakenteellisten osien tarkastustoimintaa. Ohjeessa ei oteta huomioon taitorakenteisiin liittyviä:

- koneita, laitteita, koneistoja
- turvalaitteita ja -järjestelmiä
- rata- ja radan sähköistysjärjestelmiä
- hissejä runkorakenteineen
- tulvasuojarakenteita
- liittyviä rakennuksia
- sekä näiden LVIS-järjestelmiä,

ellei taitorakennekohtaisessa tarkastusohjeessa tai -käsikirjassa ole muuta esitetty.

Kyseisten rakenteiden ja järjestelmien tarkastustoiminta toteutetaan erillisten ylläpitosuunnitelmien, ohjeiden ja määräysten mukaisesti ja niiden osalta vastuutahot on määritettävä soveltuvien osien tarkastustoimeksiannoissa.

Tarkastuksen yhteydessä havaittaessa taitorakenteisiin liittyvissä rakenteissa ja järjestelmissä turvallisuutta vaarantavia vaurioita, on niistä ilmoitettava tarkastustoiminnan tilaajalle. Havainnoitavia asioita kyseisten rakenteiden ja järjestelmien osalta ovat mm:

- kiinnitykset rakenteisiin
- onko irtonaisia/ irtoavia osia, jotka vaarantavat henkilö-/ liikenneturvallisuuden
- toimivatko ko. rakenteet ja laitteet niille suunnitellulla tavalla

Esimerkiksi rautateiden liikennepaikoilla esiintyy yleisesti hyvin erityyppisiä taitorakenteita sekä niihin liittyviä täydentäviä rakenteita, joiden vauriot saattavat vaarantaa henkilö- tai liikenneturvallisuuden (kuva 1).

2.2 Sillat

2.2.1 Yleistä

Silta on rakenne, joka johtaa ajoneuvo- henkilö- tai muun liikenteen esteen yli. Suomessa omaksutun käytännön mukaisesti sillaksi kutsutaan rakennetta, jonka vapaa- aukko on vähintään 2,0 m.

Siltojen tarkastustoimintaa on ohjeistettu useissa eri ohjeissa. Tiesiltojen osalta mm. Siltojen vuositarkastusohje (1), Sillantarkastuskäsikirja (2), Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimukset (3), Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset (4) sekä Sukellus- tarkastusohje (5) ohjeistavat tarkastustoiminnan ja sen laatuvaatimukset tätä ohjetta tarkemmin. Rautatiesiltojen ja – rumpujen osalta voidaan soveltuvin osin noudattaa em. ohjeita. Tarkemmat määrittelyt ja kohdekohtaiset asiat on rautatierumpujen osalta esitetty ohjeessa Rumpujen korjausohje (6).



Kuva 1. Rautatieasema ja siihen liittyviä taitorakenteita (katokset, tasonvaihtorakenteet, ylikulkusilta)

2.2.2 Tiesillat

Suurin osa maamme silloista on ajoneuvoliikennettä palvelevia tiesiltoja. 1.1.2012 Liikennevirastolla oli tiesiltoja yhteensä 14 770 kpl, joista putkisoltoja oli 3 174 kpl (Siltarekisteri).

Pääosa Suomen tiesilloista on rakennettu 1950- luvun jälkeen. Merkittävintä sillanrakennustoiminta on ollut 1960 - 1990- luvulla, joten periaatteellisessa peruskorjauksessa (30 - 40 vuotta), olevia siltoja on maassamme runsaasti.

Suurin osa tiesilloista on teräsbetonisiltoja. Vanhimpien siltojen osalta puu-, kivi- ja terässiltojen osuus on ollut nykyistä huomattavasti suurempi. Tiesiltojen päärakennusmateriaalijakaumat siltojen lukumäärän suhteen on esitetty seuraavan sivun kuvassa (Kuva 2).

Tiesilloille ominaisia vaurioita ovat erilaiset betonirakenteiden rapautumisvauriot sekä kloridikorroosiovauriot. Siltakansilla liikkuva vesi, teiden liukkauden torjuntaan käytetty suola sekä ilmasto-olosuhteet aiheuttavat rasiustilan, joka tietyissä tapauksissa saattaa vaurioittaa rakennetta hyvinkin nopeasti. Vaurioiden edetessä saattaa myös rakenteiden kantavuus olla vaarassa (teräsbetonipilareiden betoniterästen korroosio, teräsbetonisten palkki- tai laattasiltojen pääterästen korroosio, teräsrakenteiden liitosten korroosio).

Siltojen suunnittelukuormat ovat kasvaneet ajoneuvojen painojen kasvaessa. Tämä on johtanut siihen, että vanhat sillat joutuvat yhä enemmän kantamaan kuormia, joille niitä ei alun perin ollut suunniteltu. Tiesiltojen suunnittelukuormien kehitys on esitetty liitteessä 6.

Sillan ylikuormittaminen vaurioittaa sillan kantavia rakenteita. Sillasta riippuen seuraukset voivat olla halkeamia, taipumia ja/ tai siirtymiä, jotka aikaa myöten aiheuttavat rakenteen käyttöikänsä, käytettävyyden ja kantavuuteen vaikuttavia vaurioita.

2.2.3 Rautatiesillat ja -rummut

Rautatiesillat

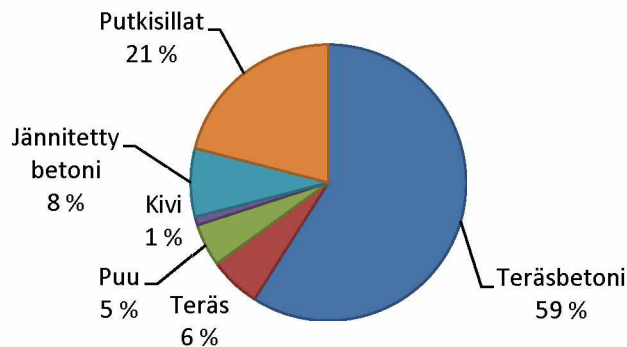
Rautatiesiltoja oli maamme rataverkolla 1.1.2012, 2 305 kpl, joista pääradoilla 2043 kpl. Rautatien ylittäviä siltoja oli 882 kpl, joista pääradoilla 761 kpl (7). Rautateiden ylittävät sillat ovat mukana tiesiltojen ja kevyen liikenteen siltojen lukumäärissä.

Kuten tiesilloista myös rautatiesilloista suurin osa on teräsbetonisiltoja. Terässiltojen osuus kokonaissiltamäärästä on rautatiesilloilla suurempi kuin tiesilloilla. Viime vuosina on jännebetonisiltojen osuus uusista silloista kasvanut, kun taas teräksen käyttö uusien rautatiesiltojen kantavana rakenteena on vähentynyt. Terässiltojen määrä vähenee, kun niitä uusitaan tukikerrokselliseksi betonisilloiksi. Avattavissa silloissa sekä tietyntyyppisillä siltapaikoilla (esim. teräsristikkosilta, jännemitta ja alikulkukorkeus vaatimusten vuoksi) teräs on kuitenkin pääasiallinen rakennusmateriaali. Rautatiesiltojen osalta on päärakennusmateriaalijakaumat siltojen lukumäärän suhteen esitetty seuraavan sivun kuvassa (Kuva 3).

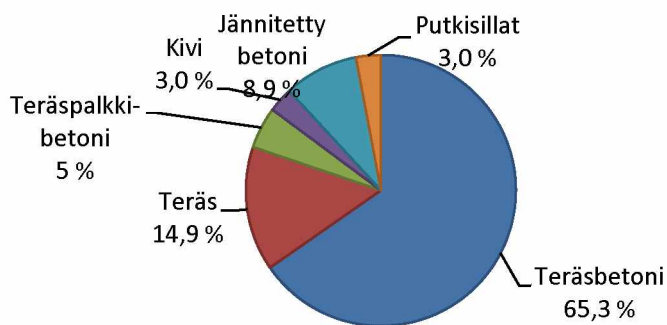
Rautatiesiltojen kansirakenteiden keski-ikä on 41 vuotta (2011). Sodan jälkeen rakennettiin paljon siltoja, jotka ovat jo saavuttaneet peruskorjausikänsä. Korjaustarve tulee siis kasvamaan lähivuosina huomattavasti, sillä kuten kansirakenteiden, myös vanhojen alusrakenteiden määrä on suuri (7).

Rautatiesiltojen ylläpidon kannalta kriittisimmät vauriotekijät ovat siltojen ikääntymisen lisäksi vaunujen kasvavat akselipainot sekä kasvavat junanopeudet. Rautatiesilta on väsytytkuormitettu rakenne. Aiemmin veturissa oli junan raskaimmat akselit, nyt tavaravaunuissa on painavimmat akselit. Tämä tarkoittaa sitä, että väsytykskertoja tulee sillalle huomattavan paljon aiempaa enemmän.

Suurin eroavaisuus tie- ja rautatiesiltojen päällysrakenteen vauriotekijöissä on suolarasituksen puuttuminen rautatiesilloista. Rautatiesiltojen ikääntyminen ja vauriomekanismit liittyvät paljolti siihen, että rakennustavat, liikenneolosuhteet ja rakentamis-/korjaustyön vaiheistus työvaiheisiin liikenteen takia, ovat vaihdelleet vuosien saatossa paljon.



Kuva 2. Tiesiltojen päärakennusmateriaalijakaumat lukumäärän suhteen 1.1.2012



Kuva 3. Rautatiesiltojen päärakennusmateriaalijakaumat lukumäärän suhteen 1.1.2012 (7)

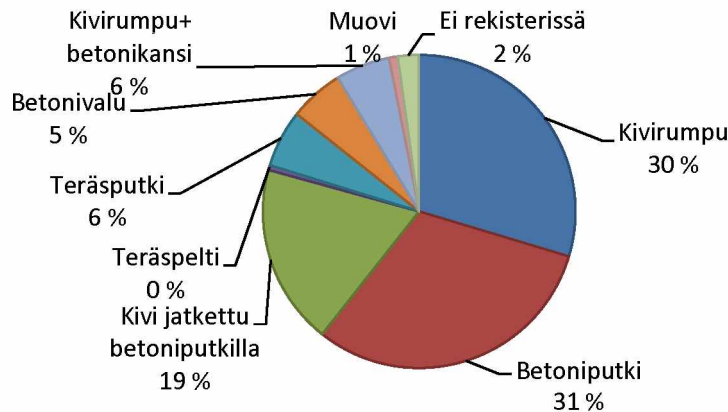
Rautatierummut

Rautatierumpu on siltamainen tai putkimainen rakenne, joka on vapaa-aukoltaan alle 2,0 m. Rautateiden osalta myös rautatierummut lasketaan taitorakenteeksi sen perusteella, että vaurioituessaan ne saattavat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia seurauksia ja henkilövahinkoja. Tierumpuja ei lasketa taitorakenteeksi.

Vuodesta 2001 lähtien on ollut käytössä tietokantapohjainen rumpurekisteri, johon kerätään rumpujen paikka-, rakenne-, tarkastus- ja piirustustietoja (8).

Rautatierumpujen tarkastaminen, peruskunnossapito, suositeltavat korjaus- ja tasonnostotoimenpiteet on esitetty hyvin kattavasti julkaisussa Rumpujen korjausohjeet (RUMKO) (6). Rumpujen tarkastustoiminnan yhtenä tavoitteena on saada selville liikenneturvallisuutta vaarantavat vauriot rumpurakenteiden toiminnassa ja kantavuudessa. Suurin osa rummuista on aikoinaan rakennettu ilman laskelmia tai tarkempia paikkakohtaisia suunnitelmia. Koska myös liikennekuormat ovat kasvaneet, ei rumpujen kantavuutta voida enää ilman tarkastuksia täydellä varmuudella taata (8).

Tarkastuksissa yleisimmin havaittuja vaurioita ovat kivien rakoilun kautta tapahtuvat pengermateriaalin vuodot, uoman tukkeumat ja rummun kohdalla penkereen tai rai-teen painumat (6). Betonirakenteissa kantavuusvaurio ilmenee usein halkeiluna ja kivirummuissa kivien siirtymisinä (8). Suurin osa kivrakenteisista rummuista on rakennettu muun radan rakentamisen yhteydessä 1800- luvulla ja 1900- luvun alussa (6).

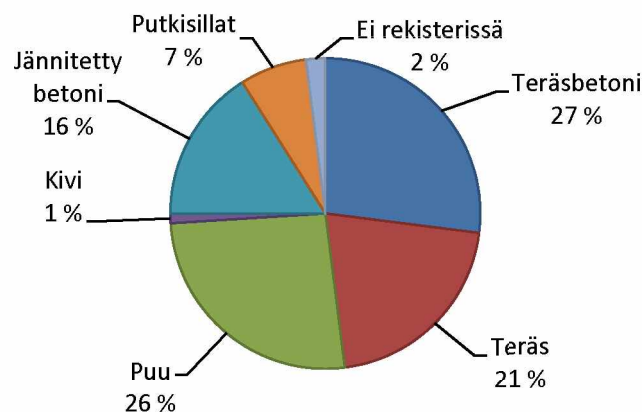


Kuva 4. Rumputyypijakauma koko maassa 1.1.2012 (yhteensä 5799 rumpua) (8)

2.2.4 Kevyen liikenteen sillat

Kevyen liikenteen siltoja on Liikenneviraston hallinnassa 1186 kpl (siltarekisteri 1.1.2012). Rakennusmateriaaleina on kevyen liikenteen silloissa teräsbetoni, teräs ja puu. Putkisilloista näistä kevyen liikenteen silloista on 91 kpl.

Vauriotyypit näiden siltojen osalta liittyvät rakennusmateriaalien ominaisvaurioihin. Teräsrakenteisissa kevyen liikenteen silloissa rakenteen värähtely on myös mahdollinen vauriomekanismi. Haitallinen värähtely vaikuttaa sekä sillan käyttömukavuuteen että osaltaan myös rakenteiden ja etenkin liitosten vaurioitumiseen.



Kuva 5. Kevyen liikenteen siltojen päärakennusmateriaalijakaumat lukumäärän suhteen 1.1.2012

2.2.5 Väyliä ylittävät siltamaiset rakennukset

Liikenneväylien yli kulkevat siltamaiset rakennukset ovat rakenteellisen toimintatapsa mukaan periaatteessa siltoja. Kuormituksena ei ole liikennekuorma vaan erikseen määritetty rakennuksen hyötykuorma sekä pysyvät kuormat.

Päärakenneosien vaurioituminen hyötykuorman kasvamisen seurauksena ei yleensä näissä tapauksissa tule vastaan. Vauriot ovat pääsääntöisesti rakenteen ikääntymisen aiheuttamia rapautumis- ja korroosiovaurioita. Kuitenkin esim. pakkovoimista saattaa aiheutua rakenteisiin liikkeitä, jotka aiheuttavat halkeamia tai muodonmuutoksia ja sitä kautta rakenteen käyttöikään vaikuttavia vaurioita.

Yläpuolisen rakenteen ylläpidosta vastaavan organisaation on huolehdittava, ettei rakennuksen vaurioituminen aiheuta liikenneturvallisuusriskejä. Näitä voivat olla esim. verhousmateriaalien putoaminen ajoradalle tai sadeveden johtuminen sähköisetylle radalle.

Näiden siltamaisten rakennusten kantavien rakenteiden suunnittelussa on huomioitava mahdollinen törmäyskuorma alusrakenteisiin. Törmäyksen estävien johteiden, suojakiskojen ja muiden suojarakenteiden pitää olla riittävän pitkiä ja vahvoja törmäysenergian vastaanottamiseen ja ohjaamiseen turvalliseen suuntaan. Näiden rakenteiden kunto on myös tarkastettava rakenteen tarkastuksen yhteydessä.

Rakenteiden omistajilla on rakenteiden ylläpitovastuu. Näiden rakenteiden osalta on myös pyrittävä siihen, että rakenne löytyy taitorakennerekisteristä ja että tarkastustoiminta vastaa Liikenneviraston omille taitorakenteille asetettuja vaatimuksia.

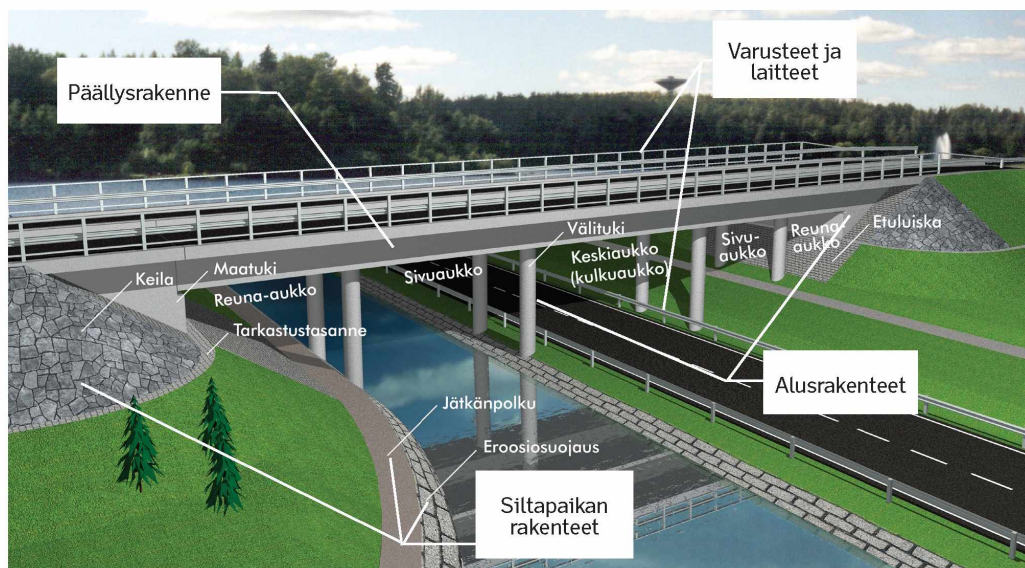


Kuva 6. Väylän päälle rakentamista.

2.2.6 Siltarakenteet

Silta ja siltapaikka jakaantuvat osakokonaisuuksiin, jotka jaetaan vielä tarkempiin osakokonaisuuksiin tarkastuskäsikirjoissa ja -ohjeissa. Toiminnallisuuden kannalta jaetaan silta ja siltapaikka seuraaviin osakokonaisuuksiin:

- Alusrakenteet
 - o Rakenneosan pääsääntöinen tehtävä on välittää siltarakenteen päällysrakenteelta tulevat kuormat kantavaan maakerrokseen tai kallioon.
 - o Rakenneosan tehtävä on myös tukea sillalle tulevaa väylärakennetta siten, että maaleikkauksen tekeminen sillan alittamiseksi on mahdollista.
- Päällysrakenne
 - o Rakenneosa kantaa sillalla liikkuvan hyötykuorman alittavan väylän tai esteen yli ja välittää hyötykuorman sekä pysyvät kuormat alusrakenteelle.
 - o Kiskot, ratapölkyt ja tukikerros välittävät rautatieliikenteen kuormat sillan kansirakenteelle ja ovat näin ollen osa sillan päällysrakennetta.
 - o Sisältää pintarakenteet (vedeneriste ja päällysteet), jotka suojaavat kantavaa rakennetta liikenteen kulutukselta sekä toisaalta estävät veden pääsyn rakenteeseen.
- Varusteet ja laitteet
 - o Toimivat alus- ja päällysrakenteen toimintaa tukevinä rakenneosina liikenneturvallisuuden, sillan käytettävyyden sekä käyttöiän kannalta.
 - o Näihin lukeutuvat mm. laakerit, kaiteet ja liikuntasaumalaitteet.
- Siltapaikan rakenteet
 - o Rakenneosakokonaisuus käsittää ne maarakenteet (luiskat, keilat, jne.) sekä varusteet ja laitteet (pintavesikaivot, -kourut, pengerkaiteet jne.), joiden avulla siltapaikalla kulkevat väylät ovat turvallisia käyttää, siltapaikka on arvonsa mukaisessa kunnossa, eikä siltapaikkaan kohdistu eroosioriskejä, jotka voisivat vaikuttaa siltarakenteen toimintaan.



Kuva 7. Risteyssillan rakenneosat

2.2.7 Siltojen rakenteellinen toiminta

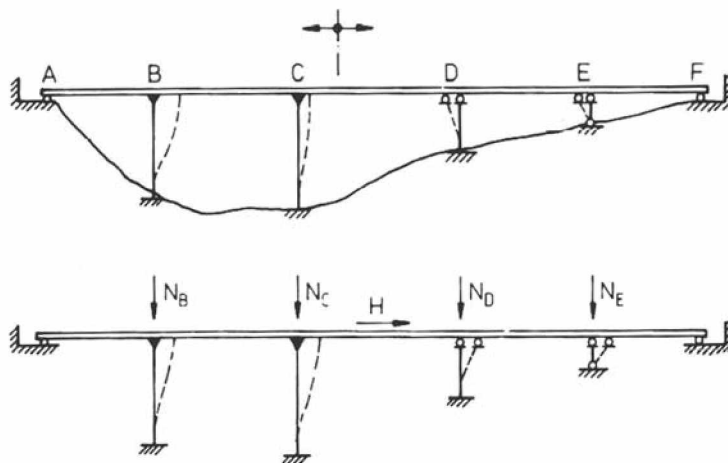
Sillan päällysrakenne välittää, alusrakenteiden kautta, sillalla olevan hyötykuorman kantavaan maapohjaan. Päällysrakenteen toimintatapa vaihtelee sillan rakennetyypistä riippuen. Päätyypit silloille ovat laatta, palkki, kehä, kaari, ristikko ja holvi. Yksittäisessä sillassa voi eri silta- aukoissa olla toiminnallisesti erilainen siltatyyppi.

Silta on rakenteena monimuotoinen kokonaisuus, joka muodostuu alusrakenteesta ja päällysrakenteesta ja näiden yhteistoiminnasta maan kanssa. Riippuen siltarakenteesta aiheutuu sille kaiken kaikkiaan kuormituksia ja liikkeitä seuraavista kuormitustapauksista:

- siltarakenteen, pintarakenteen, raiderakenteen sekä varusteiden ja laitteiden yms. omapaino, eli pysyvät kuormat
- liikennekuorma tai muu hyötykuorma
- liikennekuorman sivusysäys, veto- ja jarrukuorma sekä keskipakovoima
- onnettomuuskuormat
- tuulikuormat sekä lumi- ja jääkuormat
- maan- ja vedenpaine
- tukipainumat
- lämpötilakuormat
- jännevoima
- betonin kutistuminen ja viruminen

Pääsääntöisesti kantavuuden ylittyminen johtuu siitä, kun pystysuoran liikennekuorman aiheuttama rasitustila on rakenteen kapasiteettia suurempi. Seuraavissa kappaleissa pyritään tuomaan esiin ne siltatyyppi-kohtaiset vauriomekanismit, jotka aiheutuvat pystysuorasta liikennekuormasta.

Kaikki muutkin siltaan kohdistuvat kuormitukset vaikuttavat kokonaisrasitustilan syntyyn ja rakennetyypistä, rakenneratkaisusta, rakenneosasta ja kuormien suhteista yms. riippuen saattavat muut kuormitukset kuin liikennekuorma olla pääsyynä rakenteissa esiintyviin vaurioihin. Siltarakenteet ovat lähes poikkeuksetta staattisesti määräämättömiä rakenteita, jolloin rakenteisiin kohdistuvat pakkovoimat (kutistuma, lämpötilakuormat, tukipainumat) aiheuttavat eri rakenneosiin rasituksia, jotka saattavat olla hyvinkin suuria ja aiheuttaa, etenkin alusrakenteisiin, vaurioita.



Kuva 8. Sillan eri rakenneosille vaakakuormista aiheutuvien voimasuureiden jakautuminen riippuu mm. tukien jäykkyysuhteista sekä tuentaperiaatteista

Laatta- palkki- ja kehäsillat

Pääsääntöisesti laatta- ja palkkisillat kantavat yläpuolisen hyötykuorman rakenteen taivutuskapasiteetin avulla. Rasitukset siirtyvät pääkannattajilta alusrakenteille, jotka tukeutuvat kantavaan maapohjaan. Myös kehäsillat toimivat pääsääntöisesti taivutetuina rakenteina, mutta ero tavallisiin laatta- ja palkkisiltoihin on alusrakenteiden toiminta. Kehäsillan alusrakenteita olevat kehäjalat ovat jäykästi kansirakenteeseen kiinnitetyt ja ne ovat oleellinen osa sillan kantavaa päärakennetta.

Pääsääntöisesti siltatyypin päärakennusmateriaalina on teräsbetoni tai jännitetty betoni. Palkkisiltojen osalta päärakennusmateriaalina käytetään myös terästä ja puuta.

Betonirakenteisen laatta-, palkki- ja kehäsillan kantavuuteen viittaavat vauriot ilmenevät rakenteen halkeiluna kaikkein vetorasitetuimmassa kohdassa. Taivutusrasituksen osalta siltajänteen puoliväli sekä tukialueet ovat rasitetuimpia kohtia. Tukialueilla suurimmat vetorasitukset ovat kantavan rakenteen yläpinnassa ja siltajänteen keskellä alapinnassa.

Betonisissa palkkisilloissa myös leikkauskapasiteetin ylittyminen tukialueilla aiheuttaa halkeamia betonirakenteeseen.



Kuva 9. Betoninen jatkuva laattasilta

Teräspalkkien osalta rakenteen kantavuuden ylittyminen paljastuu pysyvien muodonmuutosten muodossa. Kaikkein rasitetuimmassa kohdassa syntyy rakenteeseen pysyviä muodonmuutoksia.

Kaari- ja holvisillat

Kaarisilloissa rakenteen pääkannattimena toimii puu-, teräs-, tai teräsbetoninen kaari. Kaarirakenteelle, sillan kansilaatan päällä kulkevan hyötykuorman rasitukset välittyvät joko riipputankojen tai pilareiden tai näiden yhdistelmän kautta.

Kaari toimii pysyvien kuormien osalta pääsääntöisesti puristettuna rakenteena. Liikennekuormat aiheuttavat kaareen sekä puristus- että taivutusrasituksia.

Kaarisiltojen osalta ehkä oleellisin seurattavat tekijät ovat kaaren muoto sekä teräsbetonikaaren osalta myös kaaressa olevat halkeamat. Kaaressa esiintyvät muodonmuutokset, kuten myös halkeamat, viittaavat kapasiteetin paikalliseen ylittymiseen ja/ tai tukien siirtymiseen. Kaarien lisäksi myös kansilaatan ja mahdollisten poikkipalkkirakenteiden ja niiden liitosten vaurioituminen saattaa aiheutua hyötykuormasta.

Holvisiltojen päämateriaalina on teräsbetoni tai kivi. Vauriomekanismit vastaavat kaarisiltojen vaurioita päärakenteen osalta (halkeamat, siirtymät).



Kuva 10. Kivirakenteinen holvisilta

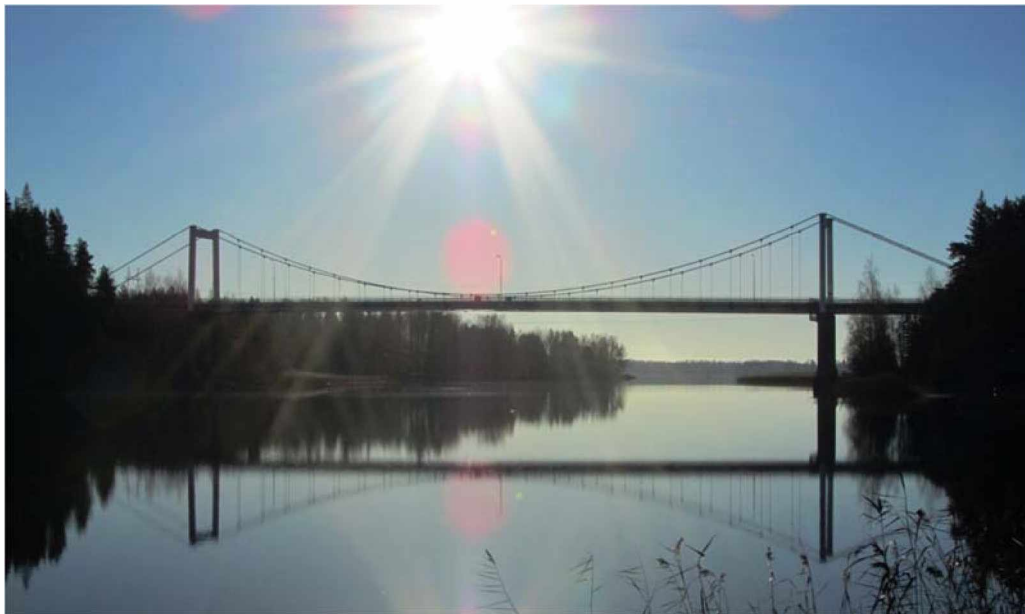
Köysisillat

Köysisilloissa päällysrakenteen kantama kuorma välitetään perusrakenteille joko vino- tai riippuköysiä pitkin. Köysien geometrian mukaisesti köysisillat jakaantuvat vinoköysi- tai riippusiltoihin.

Köydet kiinnitetään pylonirakenteisiin sekä ankkuroidaan pääsääntöisesti maatuilla oleviin ankkurirakenteisiin. Kansirakenne toimii joko suoraan köysiin kiinnitettynä rakenteena tai poikkipalkkien varaan tuettuna rakenteena.

Köydet ovat teräsvaijereita tai -tankoja, jotka voidaan sijoittaa suojaputken sisään ja korroosiosuojata. Vanhoissa riippusilloissa saattaa köysien korroosiosuojauksena olla pelkkä maalaus, jolloin korroosiovaurioiden esiintyminen on hyvin todennäköistä. Köysien korroosiosuojauksen kunto vaikuttaa merkittävästä köysirakenteiden pitkäaikaiskestävyyteen ja on siten yksi vakavimmista vauriotyypeistä siltatyypille. Riippusilloissa riipputankojen kiinnityskohdat ovat kriittinen vauriokohta.

Kansirakenteen osalta vauriot liittyvät materiaaliikohtaisiin ominaisvaurioihin. Teräsrakenteisen palkiston osalta pääkannattajien ja sekundäärikannattajien liitoksissa on vanhemmissa siltarakenteissa ollut vaurioita. Laajemmin köysisiltojen vaurioita ja tarkastamista on esitetty ohjeessa: Sillan laajennettu yleistarkastusohje, osa 2: Köysisillat (9).



Kuva 11. Riippusilta

Ristikkosillat

Ristikkosillat kantavat hyötykuorman joko kansilaatan yläpuolisella tai alapuolisella ristikkorakenteella, joiden rakennemateriaalina on pääsääntöisesti teräs. Kansilaatalta ristikkorakenteelle kuormat välittyvät poikkipalkkien kautta.

Pääkannattimena toimiva ristikkorakenne välittää kuormia ristikon sauvojen välityksellä. Sauvat voivat kuormituksesta sekä ristikon geometriasta riippuen olla joko veto- tai puristusrasitettuja. Yhden sauvarakenteen vaurioituminen saattaa johtaa koko ristikkorakenteen statiikan muuttumiseen, joka voi aiheuttaa vetorasitetuksi suunnitelluille sauvoille puristusrasituksia ja kuormien kasvaessa äkillisiä kapasiteetin menetyksiä.

Ehjässä ristikkorakenteessa havaitut pysyvät muodonmuutokset sauvoissa tai liitoksissa viittaavat kapasiteetin ylityksiin. Myös pääkannattimien ja poikkikannattimien liitokset ovat hyvin kriittisiä rakenteen pitkäaikaiskestävyyden kannalta. Vanhojen niittiliitosten osalta on tarkastamiseen ja vaurioiden selvittämiseen kiinnitettävä erityistä huomiota.



Kuva 12. Ristikkosilta sekä sen jatkeena oleva kiviholvisilta

Putkisillat

Putkisillat ovat pääsääntöisesti aallotetusta teräslevyistä rakennettuja putkirakenteita. Hyötykuorma välittyy teräsputkelle maapenkereen välityksellä. Putkirakenne välittää kuormitetun puolen rasitukset putken maanvaraiselle perustukselle.

Teräsputkisiltojen vaurioituminen liittyy pääsääntöisesti korroosiovaurioiden aiheuttamaan rakenteen kestävyysmenettämiseen sekä ylikuormituksen tai perustusten painumisen aiheuttamaan teräsputken poikkileikkauksen kestävyysmenettämiseen tai taipumiseen.

2.3 Tunnelit ja kallioleikkaukset

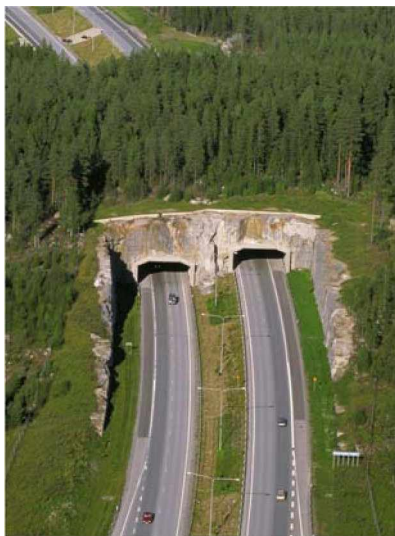
2.3.1 Yleistä

Tunneli johtaa liikenteen tietyn esteen läpi. Esteenä voi olla olemassa oleva maastoeste (esim. kallio) tai sitten väylä- tms. pengeri.

Tunnelit voidaan jakaa pääasiallisen kantavan materiaalin mukaisesti kallio-, betoni-, tai terästunneleihin.

Betoni- ja terästunnelit ovat taitorakenteita, joiden rakenteellinen toiminta ja rakennatarkaisut sekä vauriomekanismit ovat hyvin pitkälti siltarakenteiden mukaisia. Betoni- ja terästunneleiden osalta voidaan soveltaa myös tämän ohjeen siltarakenteita käsitteleviä kohtia.

Kalliotunnelin tapauksessa tunnelin ympärille jäävä lujitettu kallio kantaa sille kohdistuvat kuormitukset. Myös kalliotunneleiden osalta on rakennelaskelmin osoitettava rakenteen, eli kallion, kantavuus.



Kuva 13. Tampereen moottoritietunneli

Tunnelirakenteeseen kohdistuu monen tyyppisiä kuormia, joista osa kuormittaa kantavia rakenteita ja osa tunneleiden sisustusrakenteita tai molempia. Tunneleihin kohdistuu seuraavia kuormituksia (10):

- pysyvät kuormat (kalliorakenteen ja teräs- tai betonirakenteen omapaino sekä pintarakenteiden paino) sekä mahdollisesti tunnelin päällä kulkevan väylän liikennekuormat
- veden virtaus ja pohjaveden paine kalliossa (rapautuminen)
- kallion raoissa ja lujitusruiskubetonissa olevan veden toistuva jäätyminen ja sulaminen (pakkasrapautuminen)
- rakenteisiin jään painosta kohdistuvat jääkuormat
- verhouksrakenteiden ankkureihin kohdistuvat olosuhdekuormitukset (kosteus, pohjaveden aggressiivisuus)
- kallion lujitusrakenteisiin (kalliopultit) kohdistuva korroosio
- rautatietunneleiden osalta junaliikenteen aiheuttamat paineiskut
- lisäksi kallion sisäiset jännitystilat saattavat aiheuttaa sisäisiä kuormituksia kallioon louhitulle tunnelirakenteelle.
- Kallioperään kohdistuu myös ylimääräinen jännityskenttä. Suomessa vaakajännityskenttä on pystykenttä suurempi, joka parantaa kalliotunnelin pysyvyyttä

Rautatietunneleiden osalta tarkastustoiminnan suorittamista on ohjeistettu ohjeen RATO osassa 18 (11). Tietunneleiden osalta voidaan ko. ohjetta noudattaa soveltuvin osin. Tunneleiden päämitat sekä rakenneosat ja niiden inventointi on esitetty Taitorakennerekisterin liitteenä olevassa tunneleiden inventointiohjeessa.

Kalliotunnelit

Kallioon louhitut tunnelit ovat kalliorakenteita, joiden kantava rakenne on pääosiltaan kallio. Jäävä kalliomassa lujitetaan harjateräspulteilla ja ruiskubetonilla. Kallio tunnelin ympärillä tiivistetään tarvittaessa sementti-injektioinnilla vesivuotojen ehkäisemiseksi.

Paikoitellen kalliorakenteita yhdistetään betonirakenteiden kanssa yhtenäiseksi tunnelirakenteeksi. Kalliotunneleiden suuaukkojen rakenteet vahvistetaan teräsbetonirakenteilla, joilla tuetaan myös mahdolliset maaleikkausluiskat ennen tunnelia. Suuaukkojen betonitunneliosuuksilla estetään myös veden, lumen ja mahdollisesti irtoavien kivenkappaleiden kulkeutuminen ajoradalle/raiteille. Tunnelin sisällä ruiskubetonirakenteita ja/tai paikalla valettuja teräsbetonirakenteita voidaan käyttää erilaisina tunnelia tukevin rakenteina.

Kalliotunnelin suunnittelussa on lähtökohtana selvittää rakennuskohteen kallioperän ominaisuudet ja sijainti. Tämä tapahtuu kartoittamalla kallio geologisesti sekä suorittamalla kallioperätutkimuksia. Näillä tiedoilla laaditaan alueesta kallioperäkartta, johon merkitään havaitut heikkousvyöhykkeet, kalliolaatu ja rakoilu sekä vedenjohtavuus. Tunnelin mittasuhteiden ollessa suuret tai kallion ollessa heikkolaatuista kallion tulevat muodonmuutokset ja tarvittavat lujitusrakenteet analysoidaan elementtimenetelmällä. Tunneleiden osalta mitoitussuureet ovat:

- jännityksen jakautuminen tunnelin pinnassa
- tukirakenteelle tuleva kuorma
- yksittäiseen lohkareeseen vaikuttavat voimat
- kallioperän rakoilun suunta, tiheys ja laatu
- kallioperän vedenjohtavuus
- kalliolaatu (Q-luku tai vastaava)

Tunneleiden lujitusrakenteet suunnitellaan kallion rakoilun suuntautuneisuuden ja rakotiheyden perusteella kestäämään sen osan lohkareen painosta, joka sille vaarallisimmassa tapauksessa välittyy. Pultituksella sidotaan irtonaiset lohkarieet toisiinsa yhdessä toimivaksi kokonaisuudeksi. Tarpeen mukaan pultitus tehdään jo louhinnan yhteydessä niiltä osin kuin työturvallisuuden kannalta on tarpeen (10).

Ruiskubetonoinnilla sidotaan lujituspulttien väliin jäävät pienemmät lohkot ja kivet. Riippuen tarpeesta ruiskubetonikerros voidaan tehdä ohuena raudoittamattomana kerroksena tai sitten paksumpana raudoitettuna kerroksena. Raudoituksena käytetään nykyisin pääasiassa teräskuituja. Tarpeen mukaan ruiskubetonikerros mitoiteetaan raudoitettuna teräsbetonirakenteena, joka toimii varsinaista kalliotunnelia tukevana kantavana rakenteena.

Tärkein kuormitus kaikissa kalliorakenteissa on jo kalliossa alun perin vaikuttava jännitystila ja kallion oma paino. Jännitystila aiheutuu pääosin mannerlaattojen liikkeistä sekä jääkauden aiheuttamasta kalliopinnan painumisesta. Pohjaveden paine on merkittävä kuormitus kallioluiskissa ja kalliotiloissa. Lämpötilanmuutokset aiheuttavat lämpöjännityksiä kalliossa ja veden jäätyminen ja sulaminen kuormituksen muutoksia kalliossa ja kalliorakenteessa (10).

Tunneleiden osalta vesivuotojen ja veden jäätyminen aiheuttamat vauriot sekä kantavien rakenteiden että sisustusrakenteiden vauriot ovat merkittävin vaurioriski. Veden jäätyminen ja jääpuikkojen muodostuminen aiheuttaa myös liikenneturvallisuusriskin.



Kuva 14. Kalliotunnelin suuaukko

Tietunnelit

Siltarekisterissä on tällä hetkellä tällä hetkellä (03/2012) 29 tieverkolla olevaa tunnelia. Tunnelien kunnossapitäjiä ovat: Liikennevirasto (ELY- keskus, 11), tieyhtiö (14), kunnat (kaksi) ja yksityinen sektori (kaksi).

Tunnelien rakenneratkaisut vaihtelevat harjateräspulteilla lujitetusta ja ruiskubetonoidusta kalliorakenteesta teräsbetonitunneliin.

Tunnelien päätunnelityypit ovat:

- kalliotunneli
- betonitunneli

Tunneli koostuu yleensä useasta rakenteellisesti erilaisesta osasta, joita ovat:

- suuaukkorakenne (tunnelin suuaukkorakenne)
- tunneli (varsinainen tunneliosuus)

Tunneli määritetään tunneliosittain rakennejaksoihin. Tunneliosa saattaa jakaantua rakenteellisesti erilaisiin, esimerkiksi erillisverhoiltuihin tai pintaverhoiltuihin rakennejaksoihin.

Tietunnelien rakennejaksojen eri rakennetyypit on jaoteltu seuraaviin pääjaksoihin:

- rakenteet
- vedeneristys
- lämmöneristys

Rautatietunnelit

Suomessa on Liikenneviraston rataverkolla käytössä 42 rautatietunnelia (28.2.2011), joista lukumääräisesti suurin osa on rakennettu 1960- ja 1970-luvulla. Tunnelien yhteispituus on n. 39 km. Pisin tunneli on Savion tunneli (13 575 m) ja lyhin Paksunniemen tunneli (26 m). Suurin osa tunnelista on rakennettu radan rakentamisen yhteydessä ja osa rataoikaisujen teon yhteydessä. Tunnelien keski-ikä on 33,7 vuotta (12).



Kuva 15. Rautatietunneli

Kantavana rakenteena kaikissa tunneleissa on harjateräspulteilla lujitettu kalliorakenne. Pääsääntöisesti tunneleita on pultituksen lisäksi vahvistettu ruiskubetonoinnilla. Kantavien rakenteiden päälle on osassa tunneleita asennettu veden- ja lämmöneristysrakenne sekä sen palosuojaus (12).

Rautatietunnelin rakenneosat jaetaan ohjeen: Ratatekniset ohjeet (RATO), Osa 18 Rautatietunnelit (11) mukaisesti kantaviin rakenteisiin sekä sisustusrakenteisiin. Kantavia rakenteita ovat:

- tunnelin kantavan pääjärjestelmän rakenteet
- suuaukkojen kantavat rakenteet
- lujitusrakenteet

Sisustusrakenteiksi lasketaan seuraavat rakenneosat:

- sisustusrakenteet, eli rakenneosat, jotka eivät kuulu tunnelin kantavaan pääjärjestelmään, mutta joiden kantokyky ja pysyvyys on osoitettava
- verhouksrakenteet (erilliset vedeneristys-, lämmöneristys-, palosuoja- ja pinnoiterakenteet tai niiden osat)

Tunnelirakenteiden ominaisvauriot

Maantietunneleiden osalta ei dokumentoitua tarkastushistoriaa ole. Ominaisvauriot maantietunneleissa vastaavat kuitenkin alla esitettyjä, rautatietunneleissa havaittuja vaurioitumismekanismeja.

Tietunneleiden osalta on syytä huomioida tarkastuksissa myös kaikkien tien liikenteen-ohjaus- ja turvalaitteiden kunto sekä tarpeellisuus. Tarkastuksessa on katsottava tiejohteiden, tiekaiteiden, törmäysvaimentimien jne. kunto ja puutteet. Jos puutteet ja vauriot vaarantavat liikenneturvallisuuden on niistä ilmoitettava mahdollisimman nopeasti tienpitäjälle.

Rautatietunneleiden tarkastuksissa on havaittu seuraavia ongelmia/ vaurioita tunnelirakenteissa (12):

- Lujitusruiskubetonointi ja/ tai mahdollinen palosuojaruiskubetoni on halkeillut ja pintaosaltaan rapautunut. Ajan kuluessa ruiskubetoni alkaa irrota laattoina esim. liikenteen aiheuttamien paineiskujen vaikutuksesta.
- Tunneleissa esiintyy pistemäisiä vesivuotoja, joiden kohdille muodostuu talvisin paannejäätä. Useissa tapauksissa jäätä muodostuu tunnelin holviin ajolangan yläpuolelle. Jäätä joudutaan monissa tunneleissa tiputtamaan useita kertoja talven aikana.
- Tunneleiden lujitukseen käytetyt juotettujen harjateräspulttien korroosiosuojaus perustuu juotosmassan suojaaviin ominaisuuksiin sekä osassa kohteissa pulttien sinkitykseen ja niiden pitkän ajan kestävyys on hankala luotettavasti arvioida.
- Lämmittämättömät ruiskubetonisalaajat ovat monin paikoin rikkoutuneet
- Rakenteiden osalta esimerkiksi verhouksrakenteiden palosuojaukskerros saattaa olla nykyisiin mitoitusohjeisiin verrattuna liian ohut.

Suuaukkoalueiden kallioleikkauksissa on havaittu seuraavia ongelmia:

- Avoleikkausten yläreunoilla ja seinillä on irtonaisia kalliolohkoja
- Ruiskubetoni on yleisesti halkeillut ja paikoin irronnut laattoina
- Otsapinnalla ja leikkausten seinillä esiintyy vesivuotoja ja talvella jään muodostumista
- Sulaminen ja jäätyminen irrottavat kalliolohkoja

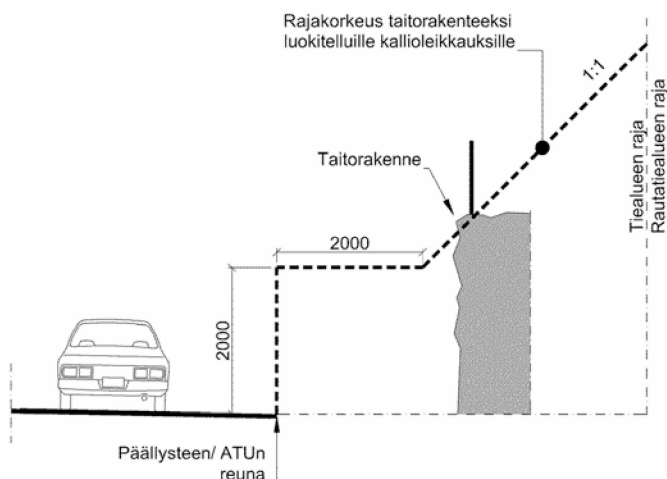


Kuva 16. Jään muodostumista tunnelin suuaukon yläpuolella

2.3.2 Kallioleikkaukset

Teihin ja rautateihin liittyen taitorakenteeksi lasketaan sellainen kallioleikkaus, jonka yläreunan taso on $\geq 2,0$ m viereisen tien tasausviivan (TSV) tai radan korkeusviivan (KV) yläpuolella, jos kallioleikkaus on lähempänä kuin 2 m ajoradan/ radan reunasta. Siitä eteenpäin rajakorkeus määräytyy kaltevuudella 1:1 (Kuva 17).

Vesiväylien osalta taitorakenteeksi lasketaan kallioleikkaus joka ulottuu uoman pohjasta vedenpinnan yläpuolelle.



Kuva 17. Kallioleikkauksen rajakorkeus tiellä ja rautatiellä

Kallioleikkausten osalta kallioluiskun vakavuus on kriittinen mitoitustekijä. Luiskun vakavuus riippuu:

- luiskun kaltevuudesta
- kalliolaadusta (rakotiheys ja rakojen laatu)
- kallion rakoilun suunnista luiskun suuntaan nähden
- rakojen ominaisuuksista ja mahdollisesta vedenpaineesta (10)

Kallioluiskien mitoitus tapahtuu tarkastelemalla jäykäksi oletettuihin lohkaraisiin vaikuttavien kuormien tasapainoa.

Pääsääntöisesti tieleikkauksissa ei lujitusrakenteita käytetä vaan kallioleikkauksen rakennusvaiheessa pyritään rusnaamalla poistamaan kallioluiskasta kaikki irtonainen kiviaines sekä leikkausta rumentavat kallionosat ja kielekkeet. Rautatieleikkauksen kapeuden vuoksi käytetään niissä tarpeen mukaan pulttausta tai ruiskubetonointia vahvistustoimenpiteinä (10).

Paikoitellen on vanhoja kallioleikkauksia jouduttu vahvistamaan tai tukemaan jälkikäteen. Myös pultituksella kiinnitettyjä teräsverkkoja käytetään kivien putoamisen estämiseksi.

Luiskarakenteiden vauriot liittyvät pääsääntöisesti kivien irtoamiseen ja liikkumiseen sekä mahdollisesti lujitusrakenteiden vaurioihin. Myös hallitsematon jään muodostuminen saattaa aiheuttaa liikenneturvallisuusriskin jään sulaessa ja pudotessa/ kaa-tuessa ajoradalle tai radalle.

Luiskasta irtoavat kivet saattavat tukkia väylän kuivatuksen ja sitä kautta aiheuttaa väylärakenteelle kantavuusvaurioita.

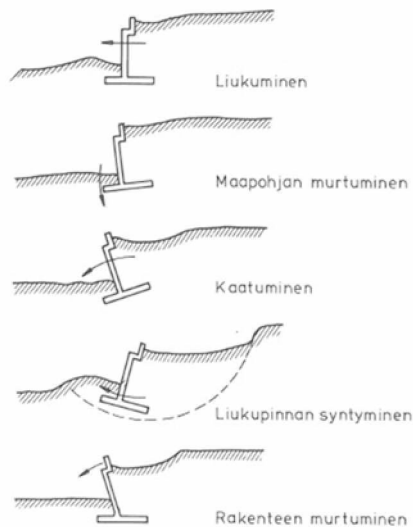
2.4 Tukimuurit

Tukimuuri on rakenne, jonka tehtävänä on tukea maa-, tie- tai ratapengerrakenne. Kyseisten maarakenteiden tukeminen tukimuurirakenteilla on tarpeellista, kun viereisen väylän syvyyden, sijainnin ja/ tai leveyden vuoksi ei ole mahdollista leikata maa-/ pengerrakennetta luiskaamalla. Tukimuurirakenteiden avulla voidaan eritasoisia väyliä tai maarakenteita sijoittaa hyvinkin lähelle toisiaan.



Kuva 18. Betonitunneli, jonka suuaukko tuettu tukimuurilla, joka jatkuu kallioleikkauksena

Tukimuurirakenteet ovat pääsääntöisesti teräsbetonista tehtyjä rakenteita. Tarpeen mukaan tukimuurit voidaan perustaa paaluille (teräsbetoni- tai teräsputkipaaluille) tai niiden stabiliteetin varmistamiseen voidaan joutua käyttämään esim. esijännitetyjä kallioankkureita. Tukimuurien kantavuuteen ja stabiliteettiin liittyvät ongelmat paljastuvat lähinnä rakenteiden siirtymien kautta. Erilaisia maanvaraisten tukimuurirakenteiden vauriomekanismeja on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 19. Maata tukevan rakenteen murtuminen

Kivikorirakenteilla tehtyjä tukimuureja on yhä enemmän. Teräsverkosta tehdyt korit on täytetty kivillä ja kivikoreja pinoten on muodostettu maanvarainen massiivitukimuuri. Verkkujen korroosio saattaa johtaa tukimuurin vaurioitumiseen. Raskaina rakenteina kivikoritukimuurit on perustettava kunnolla. Perustusten epätasaiset painumat vaurioittavat tukimuurirakennetta helposti.

Tukimuurien osalta myös verhousrakenteiden tarkastaminen kuuluu rakenteen tarkastamiseen.

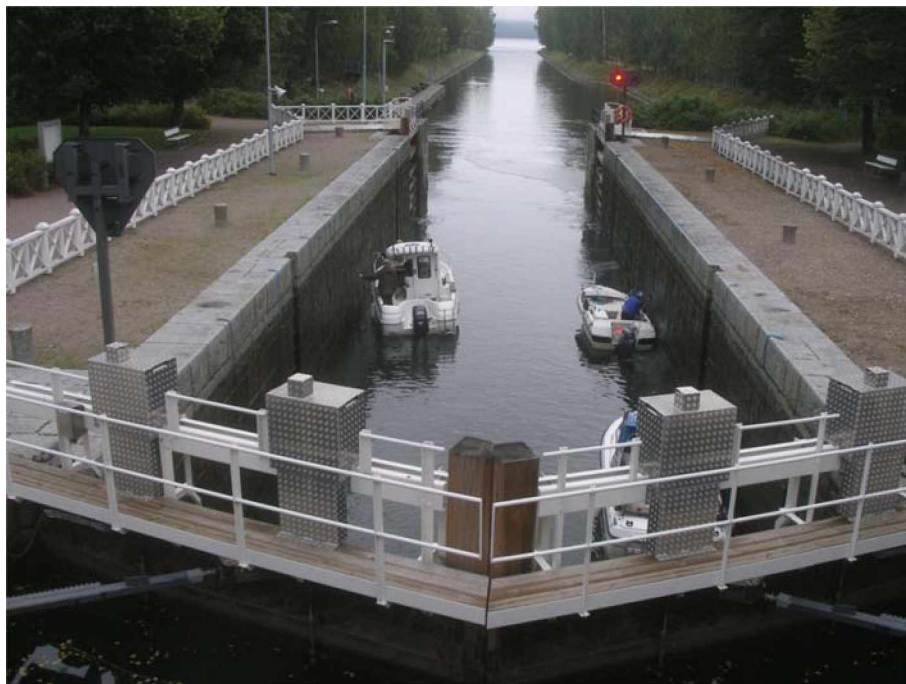
Rautatiesiltoihin liittyvät kulmatukimuurielementit sekä mm. siltoihin liittyvät lujite-maarakenteet tarkastetaan kyseisen päärakenteen tarkastamisen yhteydessä. Ne ovat osa siltaa ja tarkastetaan alusrakenteina tai siltapaikan rakenteina.

2.5 Kanavarakenteet

2.5.1 Yleistä

Kanavarakenteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä: kanaviin liittyviä pohja- ja tukimuurirakenteita, tukimuurien taustatäyttöjä, sulkukammioita, sulkuportteja ja edellä mainittuihin rakenteisiin kiinnittyviä varusteita, kuten hätäportaita, kaiteita, valaisimia, hankausparruja ja pollareita sekä kanavien uittojohteita (13).

Kanavarakenteiden eri osia ja päämittoja on esitetty Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirjassa (13).



Kuva 20. Kanava sulkuineen

Kanavarakenteiden osalta taitorakenteiksi luokitellaan sulkurakenteet. Avokanavia ei luokitella tämän ohjeen mukaisiksi taitorakenteiksi. Sulkurakenteet ovat vesiväyläverkoston osia, jotka yhdistävät kaksi eri korkeustasolla olevaa vesialuetta siten, että vesiliikenne niiden välillä on mahdollista.

Kanavarakenteet tarkastetaan kanavarakenteiden tarkastuskäsikirjan mukaisesti. Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirjan piiriin eivät kuulu esim. kanavissa sijaitsevat odotuslaiturit, kanavia ylittävät sillat, kanavien käyttökeskusrakennukset ja niihin liittyvä käyttötekniikka (13). Niiden tarkastuksiin käytetään erillisiä tarkastuskäsikirjoja (Laituritarkastuskäsikirja, Sillantarkastuskäsikirja) tai muita erillisiä ohjeita.

Saimaan syväväylien (syväys > 4,2 m) kanavien rakenteet tarkastetaan viiden vuoden välein ja muiden kanavien rakenteet kymmenen vuoden välein. Lisäksi kanavien rakenteet tarkastetaan aina, kun kanavat tyhjennetään huolto- tai korjaustoimenpiteitä varten.

Sulkuporttien osalta tarkastus sykli on lyhyempi. Pääosa vauriokorjauksista tehdään sulkuporttien osalta jo vuositarkastuksen perusteella.

Säännöllisiä kanavien tyhjennyksiä tehdään syväväylillä yleensä noin 10 vuoden välein, hyötyliikenneväylillä noin 15 vuoden välein ja huvivenekanaavilla 15–20 vuoden välein. Kun kanavaa ei saada tyhjennettyä tarkastusta varten, on tarkastuksessa käytettävä sukeltajia Liikenneviraston siltojen sukellustarkastusohjeen mukaisesti (5) tai tarkastuksessa on käytettävä riittävän tarkkaa erikoistutkimusmenetelmää.

Päätarkastajana kanavarakenteiden tarkastuksissa toimii Liikenneviraston Taitorakenteiden tarkastajan pätevyyden omaava henkilö, jonka tehtävänä on vaurioiden ja puutteiden inventointi sekä tarkastustietojen syöttö taitorakennerekisteriin.

2.5.2 Sulut

Sulkukanava jakautuu alempana sijaitsevan vesistön puoleiseen alakanavaan, ylempana sijaitsevan vesistön puoleiseen yläkanavaan ja niiden välissä olevaan sulkuihin. Vesistöjen korkeuseron ollessa suuri, voi sulkua olla useampia peräkkäin (kytkysulku).

Sulun päissä ovat veden kulkua estävät sulkuportit: alakanavan puolella alaportti ja yläkanavan puolella yläportti. Porttien välissä on sulkukammio.

Suluissa on käytössä erilaisia porttityyppejä:

- salpausportti
- sektoriportti
- segmenttiportti
- nostolaskuportti

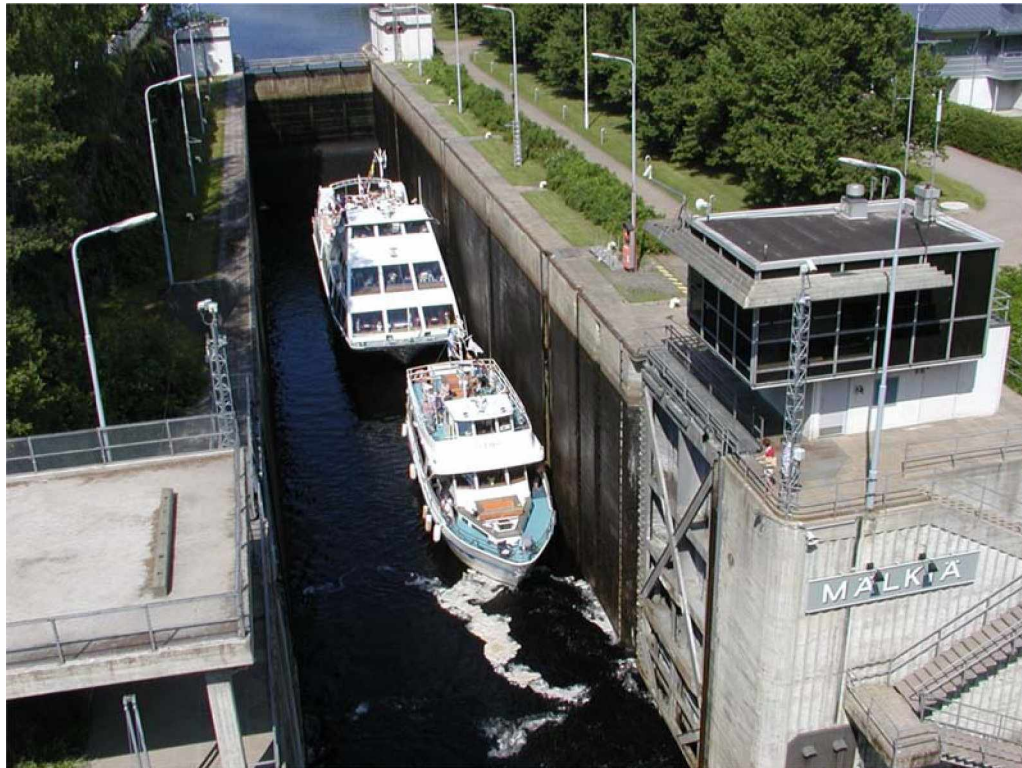
Perinteinen sulkuporttityyppi on salpausportti. Siinä sulun sulkee kaksi pystyakselin varassa kääntyvää portinpuoliskoa. Sulkuportti avautuu aina kohti yläkanavaa. Portin puoliskojen ollessa auki, ne sijaitsevat sulun tukimuurien seinien suuntaisesti tukimuureihin lovetuissa porttikomeroissa. Kun portit suljetaan, veden paine painaa portinpuoliskot toisiaan ja kanavan pohjassa olevaa kynnystä vasten. Sulkuporttien alaosissa on avattavat luukut tai suluissa on portit kiertävät täyttö- ja tyhjennysputket, joista sulkukammio täytetään ja tyhjenetään. Salpausportin saa auki vain silloin, kun vedenpinnat portin vastakkaisilla puolilla ovat samalla korkeudella.

Uudemmissa, uittoa palvelevissa, kanavissa on usein käytetty sektoriportteja. Sektoriportin poikkileikkaus on ympyräsektorin muotoinen. Porttipuoliskot liikkuvat pystyakselin varassa ja kiertävät porttia avattaessa sulun sivuilla oleviin porttikomeroihin. Sektoriportin saa auki, vaikka veden pinnat portin eri puolilla eivät ole samalla tasolla. Sektoriportein varustettu sulkukammio täytetään ja tyhjenetään useimmiten raottamalla portteja. Sektoriportteja käytetään myös silloin, kun kanavaa käytetään vesien säännöstelyyn. Säännöstelyjuoksutus tapahtuu avaamalla kumpikin portti.

Segmenttiportti on hieman harvemmin käytetty porttityyppi, se soveltuu sulkukanaaviin, joissa vesistöjen korkeuserot ovat suuret. Segmenttiportti on vaaka-akselinen. Se voi olla ylös nouseva tai alas laskeva. Segmenttiportin kyseessä ollessa sulkukammio täytetään ylempää segmenttiporttia nostamalla.

Saimaan kanavan suluissa yläportit ovat nostolaskuportteja. Sulkukammio täytetään nostamalla yläporttia. Kun sulku on täysi, yläportti lasketaan sulun pohjalla olevaan porttikomeroon.

Kun vesistöjen korkeuserot ovat suuria, yläporttien avaamisesta seuraavaa aaltojen muodostumista on pyritty pienentämään yläporttien sulunpuoleisiin pohjiin rakennetuilla virtauksen vaimennusrakenteilla.



Kuva 21. Sulkukammiot ja sulkuportit

Sulkukammioiden seinät ovat pääsääntöisesti kivi- tai teräsbetonirakenteisia tukimuureja tai kallioleikkauksia. Myös muutamia puurakenteisia sulkuja on olemassa. Kallioleikkausten pintoja on yleensä oikaistu teräsbetonisin verhomuurein. Sulkukammioiden tukimuureihin kohdistuu maanpainetta ja vaihtelevaa vedenpainetta. Sulkukammioiden tukimuurien saumat pyritään rakentamaan vesitiiviiksi, jotta tukimuurien taustatäytöt eivät huuhtoutuisi kanaviin. Sulkukammioissa alukset voidaan kiinnittää kiinteisiin kiinnityskoukkuihin tai liikkuviin pollareihin.

2.5.3 Padot, turvapatot ja lapot

Patojen avulla voidaan säännöstellä vesistöjen vedenpinnan korkeuksia.

Turvapatoja on rakennettu muutamien sulkujen yläkanaviin estämään tulvaa, joka voisi syntyä sulkuporttien pettäessä. Sulkujen ala- ja yläkanavien puolella on settiseinien urat, joihin voidaan asentaa settipatoelementit, kun sulku halutaan padota ja pumpata tyhjäksi esim. korjaustöitä varten. Lappojen avulla voidaan säädellä kanavien sulkujen välisiä vedenpinnan tasoja.

2.6 Laiva- ja uittojohteet

Sulkukanavien ala- ja yläkanavien tukimuureihin on kiinnitetty laivajohteita, jotka suojaavat alusten kylkiä mekaaniselta rasitukselta kapeilla väylillä. Laivajohteet ovat pääsääntöisesti kovista puulajeista valmistettuja hankausparruja. Sulkujen kohdilla laivajohteita ei ole, sillä sulun seinien sisäpintojen tulee olla suoria. Sulkujen kohdilla tukimuurien yläreunoissa on käytetty betonivalujen yläreunan pyöristäviä valupinnan suuntaisia reunateräksiä.

Uittokanavilla ala- ja yläkanavien sivuilla on käytetty kelluvia uittojohteita. Yleensä uittojohteet on koottu teräsponttoneista tai puuparruista yhtenäiseksi väylän suuntaiseksi rakenteeksi, joka tukeutuu välituin joko rantaan tai väylän pohjaan.

Vesiväylien kapeikoissa, kuten kanavien sulkujen läheisyydessä ja vesistösiltojen välituissa, käytetään laivajohteita. Laivajohteet ovat kiinteitä rakenteita, joiden tarkoituksena on suojata siltoja, kanavia ja laitureita alusten aiheuttamilta törmäysvaurioilta.



Kuva 22. Ratasilta (kääntösilta) ja sen yhteydessä oleva laivajohde

2.7 Laiturit ja lauttapaikat

Laitureiden sekä lautta- ja yhteysaluspaikkojen tarkoitus on mahdollistaa vesiväylää käyttäville aluksille siirtyminen ja/ tai tavaransiirto niille rannalta. Laiturit ja lauttapaikat toimivat myös alusten kiinnityspaikkoina.

Väylien yhteydessä olevien laituri- ja lauttapaikkojen lisäksi odotus- ja lastauslaitureita on avattavien siltojen sekä kanavien yhteydessä.

Laitureiden päämittoja, varusteita ja laiturityyppejä on käsitelty taitorakennerekisterin Tielaitureiden inventointiohjeessa sekä laituritarkastuskäsikirjassa (14).



Kuva 23. Yhteysaluslaituri

Laiturit saattavat koostua useasta erityyppisestä rakenteesta, joilla kaikilla on erityyppinen toimintaperiaate. Tarkastettaessa laiturirakenteita on syytä tietää, minkälaisista osatyypeistä laituri muodostuu ja mikä on kunkin tyypin rakenteellinen toiminta.

Laiturit on jaettu viiteen eri päätyyppiin:

- **Massiivilaituri**
 - o Laiturirakenne tukee rantarakenteen maamassat ”taakseen” siten, että laiturin edustaan saadaan riittävä vesisyvyys. Kyseisen tyyppisiä laiturirakenteita ovat erilaiset kulmatukimuurirakenteet, kasuunilaiturit, arkkulaiturit, kivimuuri- ja kallioseinälaiturit ja massiiviblokkilaiturit.
 - o Päärakennusmateriaalina ovat teräsbetoni, puu ja kivi.
- **Paalulaituri**
 - o Siltarakennetta muistuttava laiturityyppi, jossa vesirajan yläpuolelta alkavilla paaluilla tuetaan kansirakenne, joka ulotetaan riittävän kauas rannasta vesisyvyyden varmistamiseksi.
 - o Päärakennusmateriaalina ovat teräsbetoni, puu ja teräs.
- **Ponttiseinälaituri**
 - o Teräsbetoni- tai teräsponteilla toteutettu laiturirakenne, jossa pontit ankkuroidaan tuettavan maarakenteen puolelta maahan tai kallioon.
- **Ponttonilaituri**
 - o Rantaan ja/ tai pohjaan ankkuroitavilla, kelluvilla, ponttoneilla kannatettu laiturirakenne.
 - o Päärakennusmateriaalina ovat teräsbetoni, puu ja teräs.
 - o Ponttonisillat vastaavat rakennetyypiltään ponttonilaitureita.

- Settiseinälaituri
 - o Toimintatapa samantyyppinen kuin ponttiseinälaiturilla, mutta settiseinälaiturissa maamassaa tukevat setit asennetaan pystytukien väliin vaakaan.
 - o Päärakennusmateriaalina ovat teräsbetoni, puu ja teräs. Pystytuet ovat pääsääntöisesti terästä.



Kuva 24. Pistolaituri ja siihen liittyvä tihtaali

Laiturirakenteita kuormittavat alusten ankkurointi-, kiinnitys- ja tuentakuormien lisäksi laitureilla oleva hyötykuorma ja jäämassojen aiheuttamat kuormat sekä mahdolliset törmäyskuormat. Maarakenteita tukevat laiturirakenteet ottavat vastaan myös maanpaineen (sekä vedenpaineen).

Potkurivirtaukset aiheuttavat laitureiden alaosaan, uoman pohjaan eroosioaurioita, jotka saattavat aiheuttaa maanvaraisen laiturirakenteen stabiiliteetin menettämisen. Ponttiseinä rakenne on kaikkein herkin eroosioaurioille.

Suurimmat, kantavuuteen liittyvät vauriot ilmenevät laiturirakenteissa erilaisina siirtyminä, muodonmuutoksina ja maarakenteiden deformaatioina kohdassa 2.4 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Säilyvyyteen liittyvät vauriot ovat rakennusmateriaalien ominaisvaurioita veden, jään ja mahdollisesti suolarasituksen vaikuttaessa rakenteisiin.

Laiturit voivat vaurioitua alusten törmäyksistä. Törmäysvauriot voidaan useimmiten korjata, mutta rakenteisiin voi jäädä niistä jälkiä, muodonmuutoksia ja/ tai pakko-siirtymiä, jotka voivat vaikuttaa rakenteen kestävyys.

Satamalaitureiden kunnonhallintaa on käsitelty julkaisussa RIL 236- 2006, Satamalaitureiden kunnonhallinta (18), jota voidaan käyttää soveltuvien osin myös Liikenneviraston laiturirakenteiden kunnonhallinnan apuna.

2.8 Kiinteät merimerkit

Merimerkit osoittavat väylän käyttäjille väylätilan, väylälinjan sekä liikenteen kannalta vaaralliset matalat. Vesiväylät merkitään yleensä sekä linjamerkinnällä että reunamerkinnällä (19).

Kiinteitä merimerkkejä ovat majakat, sektoriloistot, linjamerkit sekä reuna- ja tutka-



Kuva 25. Kiinteitä merimerkkejä: tutkamerkki, linjataulu, reunamerkki

Merimerkit eivät ole ulkoisen hyötykuorman merkittävästi kuormittamia rakenteita.

Merimerkit kantavat oman painon sekä merkkiin liittyvien rakenteiden painot. Suurimmat ulkoiset kuormitustekijät ovat luonnonkuormat: tuuli-, lumi-, jää- ja aalto-kuormat, sekä mahdolliset alusten törmäyskuormat.

Kiinteiden merimerkkien rakennusmateriaaleina ovat teräs, teräsbetoni, tiili, kivi ja puu.

Vesialueille sijoitetuissa merkeissä perustuksina käytetään kasuuneja sekä teräksisiä suurpaaluja. Kallion ollessa lähellä vesialueen pohjaa, upotetaan perustus kallioon louhittuun syvennykseen. Perustuksissa voidaan käyttää myös esijännitettyjä kallio-ankkureita. Maalle rakennettavat merkit perustetaan joko kalliolle tai maavaraiselle laatalle. Linjamerkit voidaan myös harustaa.

Pääsääntöisesti merimerkkien vauriot ovat rakennemateriaalien ikääntymisvaurioita (betonin rapautuminen, betoniterästen korroosio, rakenneterästen korroosio, puurakenteiden lahovauriot, pulttiliitosten korroosio ja rikkoutuminen jne.). Aluksen törmäys johtaa toisinaan koko merkin uusimiseen. Kantavien rakenteiden siirtymät ja muodonmuutokset antavat aiheen epäillä suurempia vaurioita perustusrakenteissa.

2.9 Muut infrarakenteet

2.9.1 Rautateiden liikennepaikat

Rautateiden liikennepaikat käsittävät hyvin monentyyppisiä rakenteita, joiden tarkastamisessa voidaan pääsääntöisesti soveltaa muiden tässä ohjeessa mainittujen rakenteiden periaatteita. Pääsääntöisesti näillä liikennepaikoilla on seuraavia rakenteita:

- Alikäytävä
 - o Radan alittava siltarakenne, joka mahdollistaa kulun laitureille. Lähes poikkeuksetta alikäytävät ovat teräsbetonisia kehärakenteita. Kohteessa tarkastetaan siltarakenteen kunto sillantarkastusohjeen mukaisesti. Tarkastuksessa on huomioitava myös pinnoitteet ja verhoukset.
- Nousuluiska
 - o Luiskattu teräsbetonista tehty rakenne, joka mahdollistaa kulun alikäytävään mm. lastenvaunuilla ja rullatuolilla. Pääsääntöisesti se käsittää sivuilla olevat tukimuurit, jotka yhdistetään yhtenäisellä teräsbetonisella pohjalaatalla. Kohteessa tarkastetaan kantavan teräsbetonirakenteen kunto, kaidejohteet sekä mahdollisten verhoukset- ja suojarakenteiden kunto.
- Porrasnousu alikäytävästä
 - o Kuten nousuluiska myös porrasnousut ovat teräsbetonisia rakenteita, jotka mahdollistavat kulun alikäytävään ja sitä kautta laitureille. Rakenneperiaate on vastaava kuin nousuluiska-rakenteessa. Porrasnousuista tarkastetaan kantavan teräsbetonirakenteen kunto, kaide- ja porrasrakenteet sekä mahdollisten verhoukset- ja suojarakenteiden kunto.
- Hissikuilut ja -tornit
 - o Hissikuilujen ja hissitornien kantavat rakenteet luokitellaan taitorakenteiksi. Ne ovat teräsbetonisia ja/tai teräsrunkoisia rakenteita, jotka kantavat varsinaisen hissikoneiston rakenteet ja kuormat. Rakenteista tarkastetaan mahdollisuuksien mukaan kantavien teräs- tai teräsbetonirakenteiden kunto, perustukset sekä liittyvien rakenteiden kunto ja kiinnitykset, jos niiden vauriot vaarantavat henkilö-/liikenneturvallisuuden.
- Katokset
 - o Nämä ovat teräs-, betoni- tai puurakenteita, jotka suojaavat laitureiden ja liikennepaikkojen käyttäjiä. Katoksista on tarkastettava kantavien rakenteiden kunto, perustukset, katosrakenteiden kunto, suojarakenteiden kunto. Katosten vaurioituminen saattaa vaikuttaa junaliikenteen turvallisuuteen tai vaarantaa henkilöturvallisuuden.
- Ylittävälle sillalle tai rakennukseen johtavat portaat
 - o Laitureilta, liikennepaikan kohdalla, ylittävälle sillalle johtava kulkuyhteys. Niistä on tarkastettava kantavien rakenteiden kunto, kaiteet, suojaseinämät, askelmat ja perustukset.
 - o Rakenteen ovat yleensä teräsrakenteisia, mutta käytössä on myös teräsbetoni- ja puuportaita.

- Asemalaiturit
 - o Teräsbetonisella tukimuurilla tuettu raiteen korkeustasoa ylempänä oleva kulkuyhteys junaan. Tarkastettavia asioita mm: teräsbetoninen tukimuri (laiturielementti) ja laiturin pintarakenteiden kunto.



Kuva 26. Rautatieaseman alikäytävä

Rautatien liikennepaikkojen rakenteet tarkastetaan rakennetyyppi- ja rakennusmateriaalikohtaisten periaatteiden mukaisesti. Havaitut vaurioiden syyt pyritään löytämään kuten muissakin tarkastuksissa ja etenkin kaikki henkilö- ja junaturvallisuuteen liittyvät vauriot on pyrittävä havainnoimaan.

Rautateiden liikennepaikat ovat rautatiealuetta ja niiden tarkastamisessa on noudatettava ko. aluetta koskevia määräyksiä ja ohjeita.



Kuva 27. Rautatieaseman asemalaiturin katosrakenteita

2.9.2 Paalulaatta- ja paaluhatturakenteet

Paalulaatta- ja paaluhatturakenteet ovat tie- tai ratarakennetta tukevia taitorakenteita, joita käytetään tyypillisesti pehmeillä, normaalikonsolidoituneilla tai lievästi ylikonsolidoituneilla savikoilla ja muilla pehmeiköillä (17). Paalulaatat rakennetaan tie- tai ratapenkereen alle ja lopullisessa rakenteessa niitä ei voi silmämääräisesti havaita.

Paalulaattarakenne on yhtenäinen paaluilla perustettu teräsbetoninen laatta, jonka päällä on kuormana maapenger (17). Paalulaatan päälle rakennetun tie- tai ratapenkereen päälle rakennetaan lopullinen väylärakenne.

Paalulaatta kantaa koko penkereen painon ja sen lisäksi ylittävällä väylällä kulkevien hyötykuormien painon.

Paalulaattarakenne muodostuu laatasta, paaluista sekä laatan päälle tulevasta suojakerroksesta. Tavallisimmin käytettyjä laattatyyppejä ovat tasapaksu laatta, sienilaatta ja palkkilaatta (17).

Paaluhatturakenne on erillisten paaluilla perustettujen paaluhattujen muodostama rakenne, jonka päälle rakennetaan lopullinen penger- ja väylärakenne.

Paaluhatturakenne muodostuu paaluhatuista ja paaluista sekä hattujen päälle ja väliin rakennettavasta kuormaa jakavasta kerroksesta, jonka alaosa toimii paaluhattujen suojakerroksena.

Maarakenteiden sisään rakennettujen paalulaattarakenteiden vaurioita ei voida havaita ilman erikoislaitteita. Väylärakenteen ja väylän pengerrakenteen vauriot saattavat viitata myös siihen, että pengertä tukeva paalulaatta on vaurioitunut.

Paaluhatturakenteissa on havaittu pengerrakenteiden sortumisia sekä luiskasta ulos tulleita hattuja tai väylän painumista.

2.9.3 Meluesteet

Meluesteillä ohjataan tai vaimennetaan liikenneväylää käyttävien kulkuneuvojen aiheuttama melu siten, että ympäröivälle ympäristölle kulkeutuva melu alittaa säädetyt raja- arvot. Taitorakenteiksi luokiteltavia meluesteitä ovat pääsääntöisesti meluseinät sekä melukaiteet.

Meluesteet ovat erilaisista rakennusmateriaaleista tehtyjä seinämäisiä rakenteita, jotka toimivat itsessään tai joiden verhoilu toimii ääntä absorboivana tai heijastavana pintana. Kantavina rakennusmateriaaleina ovat yleensä teräsbetoni ja teräs. Verhousmateriaaleina voidaan käyttää puuta tai terästä, kuten myös verhousta kannattelevina rakenteina. Läpinäkyvissä meluesteissä tarkastetaan vastaavasti kantavan rakenteen kunto sekä varsinaisten melusuojarakenteiden kunto.



Kuva 28. Meluseinä, puuverhous

Meluesteet ottavat vastaan tuulenpaineesta aiheutuvat kuormat sekä auras kuormat, jos ne ovat alle 7 m:n päässä tien reunaviivasta. Poikkeuksellisesti voidaan meluesteet mitoittaa myös auraslumen kinostumiselle estettä vasten.

Maanvaraisesti perustetun meluesteen perustuksen vauriot ilmenevät tukimuurirakenteen mukaisten vauriomekanismien (kohta 2.4) tapaisina siirtyminä sekä epätasaisten tai liian suurten painumien aiheuttamina vaurioina rakenteessa. Paalutetun meluesterakenteen tapauksessa rakenteen siirtymät viittaavat vastaavasti vaurioihin perustuksissa, tai päinvastoin huonosti yläpäästä tuetun paalun siirtymä vaurioittaa meluesterakennetta. Rautateillä myös junien paineiskut saattavat aiheuttaa vaurioita meluesteisiin.

Muut vauriot arvioidaan rakennusmateriaalikohtaisten periaatteiden mukaisesti.

Myös meluseinissä on käytetty kivikoritukimuureista omaksuttua rakenneratkaisua rakentamalla meluseinä teräsverkolla täytetyistä kivistä.



Kuva 29. Meluseinä kivikorirakenteella

2.9.4 Portaat

Portaat ovat pääsääntöisesti muihin taitorakenteisiin (mm. alikäytävät, ylikulkusillat, risteyssillat, tukimuurit, kanavat) liittyviä taitorakenteita, jotka tarkastetaan varsinaisen taitorakenteen tarkastamisen yhteydessä.

Portaiden kantavien rakenteiden materiaalina voi olla teräsbetoni, teräs tai puu. Kantavien rakenneosien vaurioiden lisäksi on huomioitava käyttöturvallisuuteen vaikuttavat vauriot. Askelmien kunto ja kiinnitys sekä käsijohteiden kunto ovat oleellisia portaiden turvalliseen käyttöön vaikuttavia tekijöitä.



Kuva 30. Risteyssillan yhteydessä olevat teräsrunkoiset portaat

3 Taitorakenteiden ylläpito

3.1 Yleistä

Taitorakenteiden ylläpito on osa taitorakenteen kunnossapitoa. Kunnossapito on taitorakenteeseen liittyvien hoito-, käyttö- ja ylläpitotoimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää rakenne tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suoriuttamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.

Maantielain mukaisesti [Maantielaki 23.6.2005/503], maantiehen kuuluvien rakenteiden ja järjestelmien suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito ja liikenteen hallinta kuuluu tienpitäjälle. Yleisten teiden osalta tienpitäjänä on valtio, joka vastaa tienpidosta ja sen kustannuksista sekä käyttää tienpitoa varten saatuja oikeuksia. Yksityisteiden osalta tienpitäjänä toimii tienomistaja.

Rautateiden osalta rataverkosta, radanpidosta, radan lakkauttamisesta sekä radanpitäjälle kuuluvista oikeuksista ja velvollisuuksista, samoin kuin kiinteistön omistajien ja muiden asianosaisten oikeusasemasta radanpitoon liittyvissä asioissa sekä yksityisraiteista on säädetty ratalaissa [Ratalaki 2.2.2007/110].

Ratalain [ja Lain ratalain muuttamisesta 1243/2009] mukaisesti Liikennevirasto toimii radanpitoviranomaisena ja hallinnassaan olevan rataverkon radanpitäjänä. Yksityisraiteen radanpitäjänä toimii rautatien omistaja tai se, jonka hallinnassa rautatie on.

Vesilain mukaisesti [Vesilaki 1.1.2012] ”Se, jolla kulkuväyläksi määrittämisestä koskevan päätöksen perusteella on oikeus kulkuväylän rakentamiseen tai parantamiseen, on velvollinen pitämään kulkuväylän ja siihen tehdyt laitteet kunnossa, 10 luku 12 §.” Vesilain toisen luvun 9 §:ssä täydennetään asiaa vesiväylään liittyvien rakenteiden osalta seuraavasti ” Vesistöön tehdyn rakennelman omistajan on pidettävä rakennelma sellaisessa kunnossa, ettei siitä aiheudu vaaraa taikka yleistä tai yksityistä etua loukkaavia vahingollisia tai haitallisia seurauksia.”

Yleiset kulkuväylät jakautuvat julkisiin kulkuväyliin, joita ovat Liikenneviraston kunnossapidettävänä olevat väylät, sekä yleisiin paikallisväyliin, joita ovat muiden kuin Liikenneviraston vastuulla olevat väylät.

3.2 Taitorakenteiden hallinta

3.2.1 Rakenteiden ylläpidon ja kunnonhallinnan periaatteet

Taitorakenteiden ylläpidon ja kunnonhallinnan merkitys ja niihin panostamisen tarve kasvaa rakennuskannan ikääntyessä ja uusinvestointimahdollisuuksien vähetessä. Tehokasta ja oikein kohdennettua toimintaa varten tarvitaan yhteisesti hyväksytyt ja yleisesti noudatettavat toimintaperiaatteet, joihin kaikki ylläpidon eri osa-alueilla työskentelevät vastuuhenkilöt sitoutuvat (18).

Rakenteiden ylläpidon ja kunnonhallinnan osakokonaisuuksia ovat:

- uusien rakenteiden suunnittelun käyttöikävaatimusten asettaminen
- uusien rakenteiden rakennustyön aikainen valvonta ja tarkastukset
- uusien rakenteiden käyttöönotto
- rakenteiden määräaikaishuolto ja -kunnostustoimenpiteet
- rakenteiden tarkastukset
- kunnossapidon ohjelmoinnit
- rakenteiden ja rakenneosien ylläpito- ja vauriokorjaukset
- rakenteiden ja rakenneosien peruskorjaukset

Näiden toimenpiteiden avulla väyläverkon taitorakenteiden kunto ja toimivuus pysyvät tasolla, joka mahdollistaa väylien käyttäjille toimivan ja turvallisen liikkumisen ja käytön.

Taitorakenteiden ylläpidon ja kunnonhallinnan on oltava sillä tasolla, että taitorakenteiden osalta seuraavat vaatimukset täyttyvät:

1. henkilöturvallisuus ei vaarannu,
2. liikenneturvallisuus täyttää asetetun vaatimustason,
3. rakenteiden kantokyky ja toimivuus säilyy.
4. Rakenteiden ylläpidon kustannusten osalta lähtökohtana on, että kustannukset pysyisivät optimaalisina.

Taitorakenteen ja sen rakenneosien on käyttöikänsä aikana oltava siinä kunnossa ja siten ylläpidettyjä, että rakenteelle sen suunnitteluvaiheessa asetetut vaatimukset henkilöturvallisuuden varmistamiseksi täyttyvät.



Kuva 31. Irtoava paannejää saattaa kaatuessaan vaarantaa liikenneturvallisuuden

Taitorakenteiden on täytettävä asetetut vaatimukset liikenneturvallisuuden suhteen. Riippuen mm. taitorakenteen tyypistä, väylätyypistä ja liikennöintinopeuksista vaihtelee vaatimustaso liikenneturvallisuuden suhteen. Vaatimukset liikenneturvallisuuden osalta on määritettävä siten, että turvallisuustaso on kaikkialla riittävä vallitseviin lähtökohtiin sekä olosuhteisiin nähden.

Rakenteiden käyttöänsä aikana muodostuneiden rakentamis-, ylläpito- ja korjauskustannusten osalta on ylläpito-/ korjaustoimenpiteet ajoitettava ja suunniteltava siten, että kustannukset eivät kasvaisi turhaan hallitsemattoman vaurioitumisen sekä kunnan huonontumisen myötä. Riippuen rakennetyypistä, rasisolosuhteista ja asetetuista vaatimuksista vaihtelee kunnossapitotöiden ajoitus ja sen oikea ajoittaminen.

3.2.2 Vastuut

Liikennevirasto vastaa teihin, rautateihin sekä vesiväyliin liittyvien taitorakenteiden ylläpidon ohjeistuksen ja toimintalinjojen laatimisesta. Liikennevirasto vastaa kaikkien taitorakenteiden hallintajärjestelmästä.

Maantiet

Tienpitoviranomaisena toimii toimivaltainen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Valtioneuvoston asetuksella voidaan säätää jokin muu valtion viranomainen kuin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus tienpitoviranomaiseksi, jos sitä tienpidon kannalta on pidettävä tarkoituksenmukaisena [Maantielaki 23.6.2005/503, 11§].

Elinkeino, Liikenne ja Ympäristökeskusten Liikenne- ja infrastruktuurivastuualueet huolehtivat alueensa maantieverkon kunnossapidosta, tarkastustoiminnasta sekä kunnossapidon ohjelmoinneista sekä korjausinvestoinneista. Liikennevirasto ja ELY-keskukset tekevät tulossopimuksen, jossa määritetään tulostavoitteet ja rahoitus vuositasona.

Liikenne- ja infrastruktuurivastuualueiden tehtäviä hoidetaan seuraavissa ELY-keskuksissa:

- Lappi
- Pohjois-Pohjanmaa
- Etelä-Pohjanmaa
- Keski-Suomi
- Pirkanmaa
- Varsinais-Suomi
- Uusimaa
- Pohjois-Savo
- Kaakkois-Suomi

Rautatiet

Liikennevirasto vastaa rautateiden ylläpidosta.

Vesiväylät

Liikennevirasto vastaa vesiväylärakenteiden ylläpidosta.

Maantieverkon osana olevat vesiväylärakenteet (laiturit ja lauttapaikat) ovat alueen ELY-keskuksen vastuulla.



Kuva 32. Kasuunimajakka talvella, pohjalaatan päällä on useiden metrien paksuinen jääkerros

Siltojen ylläpitovastuut

Risteävien väylien siltojen osalta pääperiaate on, että silta sijaitsee sillä väylällä, joka menee toisen väylän tai muun esteen yli. Vastuu siltojen ylläpidosta ja tarkastamisesta kuuluu sillan omistajalle, ellei siitä ole erikseen sovittu. Myös yksityistiesiltojen osalta kuuluu vastuu yksityistien omistajalle, ellei siitä ole erikseen sovittu paikallisen ELY- keskuksen kanssa.

Ylikulkusiltojen osalta kosketussuojaseinämien sekä kosketussuojalippojen ylläpito kuuluu poikkeuksellisesti Liikennevirastolle, vaikka siltojen ylläpidosta vastaavat ELY- keskuksat.

Laitureiden ylläpitovastuut

Liikennevirastolla on väylärakenteisiin, kuten kanaviin, liittyviä laitureita, joista osaa käytetään myös lastauspaikkoina. Laitureiden ylläpito- ja tarkastusvastuu on Liikennevirastolla.

Saaristoliikennettä palvelevia laitureita on kolmea eri tyyppiä: Tielaiturit (maantie päättyy laituriin), maantielauttulaiturit (=lossilaiturit) sekä yhteysaluslaiturit (laiturit joista hoidetaan yhteysalusliikennettä saaristoon eikä laituri ole välttämättä valtion omistuksessa)

Tielaiturit

- Ovat osa maantieverkkoa
- Eivät palvele maantielauttaliikennettä, mutta joiltain osin yhteysalusliikennettä
- Paikallinen ELY vastaa kunnan hallinnasta sekä ylläpidosta
- Ylläpito rahoitetaan perusväylänpidosta

Maantielauttulaiturit

- Ovat osa maantieverkkoa
- Palvelevat maantielauttaliikennettä
- Paikallinen ELY vastaa kunnan hallinnasta yhdessä Varsinais- Suomen ELY keskuksen kanssa
- Paikallinen ELY vastaa ylläpidosta

Yhteysaluslaiturit

- Eivät pääsääntöisesti ole osana maantieverkkoa
- Palvelevat yhteysalusliikennettä
- Eri omistussuhteita, jotka vaikuttavat ylläpidon linjauksiin

3.2.3 Taitorakenteiden kuntoluokitus

Taitorakenteiden kuntoa seurataan pääsääntöisesti yleistarkastuksissa. Yleistarkastuksessa rakenteen vauriot, niiden laajuus, vakavuus, kiireellisyys ja mahdolliset korjaustoimenpiteet kirjataan tarkastuskäsikirjan mukaisesti.

Rakenteen ominaistietojen sekä vauriotietojen perusteella taitorakenteen tarkastaja määrittelee kunkin päärakenneosan yleiskunnon sekä koko taitorakenteen kunnon antamalla kuntoarviot sekä päärakenneosille, että koko rakenteelle. Yleiskunto arvioidaan asteikolla 0-4, missä:

- 0 = uuden veroinen
- 1 = hyvä
- 2 = välttävä
- 3 = huono
- 4 = erittäin huono.

Tarkastajan kuntoarvion sekä taitorakenteiden vaurioiden perusteella lasketun vauriopistesumman pohjalta lasketaan taitorakenteelle laskettu yleiskuntoarvo, jonka perusteella rakenteet jaetaan seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) esitettyihin kuntoiluokkiin.

Taulukko 1. Taitorakenteiden kuntoluokitus

Kuntoluokka	Kuvaus kunnosta
- Erittäin hyvä	• Uusi tai lähes uudenveroinen rakenne
- Hyvä	• Hyväkuntoinen rakenne, jossa on normaalia kulumista ja ikääntymistä.
- Tyydyttävä	• Rakenteessa puutteita ja vaurioita, kuten rapautumista tai ruostumista. • Rakenteen korjaamista voidaan vielä siirtää.
- Huono	• Useita selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita tai jokin yksittäinen vakava vaurio. • Erikoistarkastuksen ja peruskorjauksen tarve on ilmeinen.
- Erittäin huono	• Rakenne on täydellisen peruskorjauksen tai jopa uusimisen tarpeessa. • Kunto ei ole hyväksyttävissä.

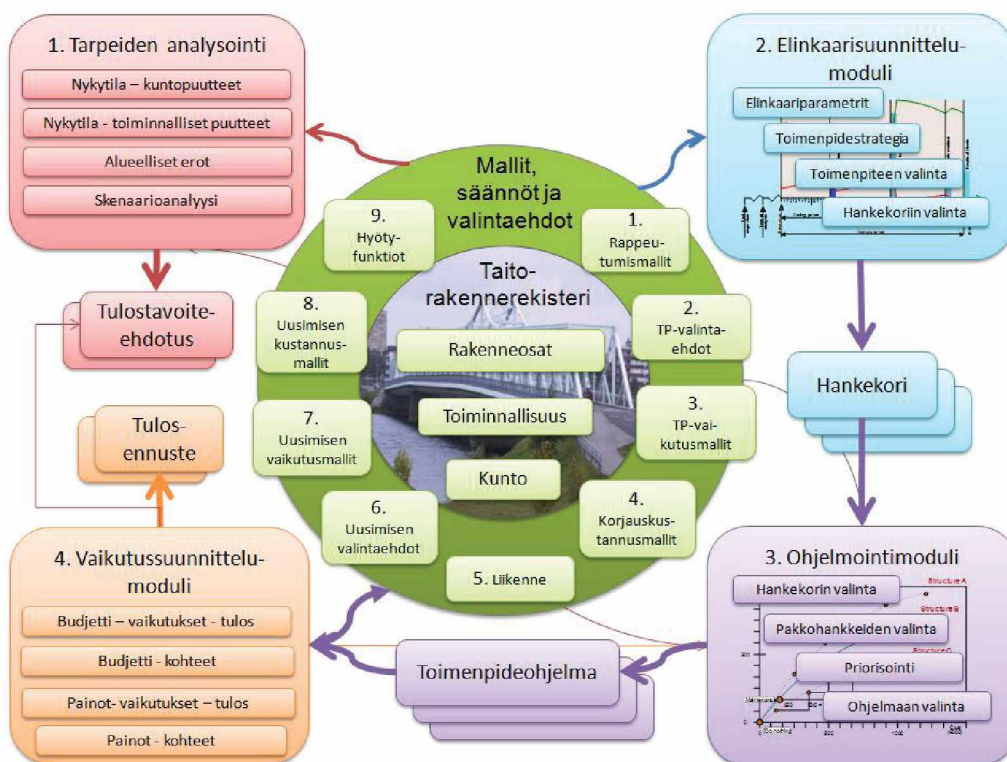
3.2.4 Taitorakennerekisteri

Liikenneviraston taitorakenteiden tiedot tullaan tulevaisuudessa tallentamaan yhteen tietojärjestelmään, Taitorakennerekisteriin.

Tällä hetkellä taitorakenteiden tiedot on tallennettu osittain Liikenneviraston siltarekisteriin ja osittain erillisiin tietojärjestelmiin.

Nykyiseen siltarekisteriin on tallennettu tie- ja rautatiesillat, maanteihin liittyvät laitur- sekä lauttapaikkatiedot sekä tietunnelit. Liikenneviraston tietojärjestelmiin on tallennettu merenkulun turvalaitteiden tiedot (VATU= Turvalaiterekisteri ja Reimari= väylänhoidon tietojärjestelmä), sulkukanaviin liittyviä tietoja (VÄRE= Väylärekisteri ja Lockl= kanavien liikenne- huolto- ja viankorjaus seurantasovellus) sekä johteisiin liittyviä tietoja (KARE= Kartoituserikisteri).

Taitorakenteiden ja niiden rekisteritietojen inventoinnissa käytetään erillisiä rakennekohtaisia inventointiohjeita. Inventointiohjeissa on esitetty kattavasti eri rakennetyyppien ja rakenneosien nimeäminen sekä määrittelyt, päämittojen määritelmät, vauriokirjausten tyypit jne. Kyseisiä asioita on esitetty myös erillisissä tarkastuskäsikirjoissa sekä ohjeissa.



Kuva 33. Visio tulevaisuuden taitorakenteiden hallintajärjestelmän rakenteesta (18), jonka oleellisena osana tulee olemaan taitorakennerekisteri

3.3 Taitorakenteiden tarkastaminen

3.3.1 Tarkastustoiminta

Taitorakenteiden tarkastustoiminnan tarkoitus on antaa selkeä ja riittävän luotettava kuva taitorakenteiden kunnosta korvaus- ja laajennusinvestointien ohjelmointia varten sekä taitorakenteiden kuntotilan seuraamiseksi.

Taitorakenteiden tarkastustoiminta jakaantuu erityyppisiin tarkastuksiin, joita suoritetaan rakenteen koko käyttöiän ajan. Tarkemmin eri tarkastustyyppit on esitetty kapaleessa 4.2.

Tarkastustoiminnan on oltava kokonaisuutena suunniteltua, oikein ajoitettua ja riittävän laatutason täyttävää, jotta siitä saadaan riittävä hyöty rakenteen käyttökustannusten optimoimiseksi.

3.3.2 Tarkastustoiminnan tarkoitus

Taitorakenteiden tarkastustoiminnan tarkoituksena on:

1. rakenteellisen turvallisuuden ja palvelutason seuraaminen niin, että rakenteissa olevat näitä vaarantavat vauriot tai muodonmuutokset havaitaan riittävän ajoissa,
2. vaurioiden rekisteröinti niin, että tarvittavat korjaukset voidaan tehdä oikeaan aikaan ja oikein mitoitettuna,
3. rakenneosien kunnan ja muodonmuutosten seuraaminen niin, että vaurioiden kehittymisestä voidaan tehdä oikeat johtopäätökset,
4. rakenneosien toimivuuden seuraaminen niin, että niistä saadaan kokemukseen perustuvaa tietoa suunnittelijoille ja rakentajille huomioon otettavaksi,
5. kuormitusolosuhteiden muutosten seuraaminen niin, että sillan kantavuudesta on oikea käsitys kuljetuksia suunniteltaessa ja valvottaessa,
6. rakenteen kunnossapidon seuraaminen ja sen laadunvarmistaminen (ositain).

3.3.3 Hyväksytyt taitorakenteiden tarkastajat

Taitorakenteiden tarkastuksia saavat suorittaa vain hyväksytyt taitorakenteiden tarkastajat. Eri tarkastustyyppien osalta on pätevyysvaatimukset on esitetty liitteessä 2.

Taitorakenteiden tarkastajan pätevyys myönnetään henkilölle, joka suorittaa hyväksytysti taitorakenteiden tarkastajakurssin, kun muut pätevyysvaatimukset on täytetty. Tavoitteena ovat yhteismitalliset, objektiiviset taitorakenteiden tarkastukset koko maassa.

Taitorakenteiden tarkastajakoulutuksen lisäksi on tarkastajan suoritettava taitorakennerekisterin peruskurssi, joka antaa tiedot tarkastustietojen syöttämiseksi rekistriin.

Hyväksytyn taitorakenteiden tarkastajan pätevyöitymisvaatimukset:

1. taitorakenteiden tarkastajatutkinto
2. taitorakennerekisterin peruskurssi
3. vuosittainen jatkokoulutuspäivä
4. laadunmittaukset
5. riittävä asiantuntemus tarkastettavasta taitorakenteesta

Tarkastusten laadun varmistamiseksi sekä tarkastustoiminnan yhteismitallisuuden varmistamiseksi on vuosittain järjestetty tarkastajien jatkokoulutuspäivät, joihin osallistuminen on ollut edellytys yleistarkastuspätevyyden säilyttämiseksi. Siltojen yleis-
tarkastusten laatuvaatimusten mukaisesti yleistarkastustoimeksiannossa tarkastajien ammattitaito ja yhtenäiset arviointikriteerit varmistetaan laadunmittauksilla, joihin kaikki sopimuksen mukaisiin tehtäviin nimetyt yleistarkastusten toimittajat ja ali-hankkijoiden sillantarkastajat osallistuvat tasapuolisesti.

4 Tarkastusjärjestelmä

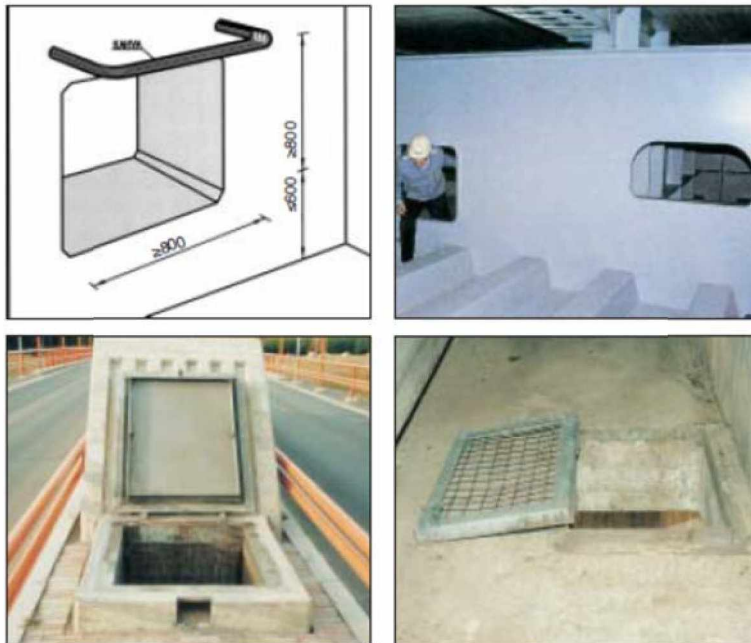
4.1 Yleistä

Taitorakenteiden käyttöikään sisältyy eri vaiheissa tehtyjä, erityyppisiä tarkastuksia, joiden tarkoitus on varmistaa, että rakenteet täyttävät niille asetetut vaatimukset turvallisuuden, kantavuuden sekä kustannusten osalta.

Tarkastustoiminta alkaa jo taitorakenteen suunnitteluvaiheessa, jolloin varmistetaan rakennussuunnitelmien täyttävän rakenteille asetetut suunnittelu- ja käyttöikävaatimukset. Rakentamisen aikana tarkastustoiminnalla varmistetaan, että valmistuva rakenne on suunnitelmien mukainen ja täyttää edelleen sille suunnittelun lähtökohtana olleet vaatimukset.

Taitorakenteiden tarkastettavuus on otettava huomioon jo rakenteiden suunnitteluvaiheessa. Taitorakenteiden ja niiden yksityiskohtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon miten rakenteet tarkastetaan. Kulkuyhteydet, tikaskiinnikkeet, tarkastustilat, kulkusillat jne. kuuluvat jo taitorakenteen suunnittelussa huomioitaviin asioihin.

Tiesiltojen osalta suunnitteluvaiheessa huomioitava asiat on esitetty ohjeessa: Siltojen hoito ja ylläpito, suunnitteluohje (20) , jota voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden taitorakenteiden suunnittelussa huomioiden rakennetyyppikohtaiset eroavaisuudet.



Kuva 34. Kulkuaukkojen ohjemitat ja erityyppisiä kulkuaukkoja (20)

Varsinaisen kunnonhallinnan tarkastustoiminnan voidaan laskea alkavan sillan vastaanottotarkastuksesta. Vastaanottotarkastuksen jälkeen tarkastustoimintaa jatketaan suunnitelmallisesti käytön aikaisilla tarkastuksilla rakenteen koko käyttöajan ajan.

4.2 Tarkastustyytit ja kunnonhallinta

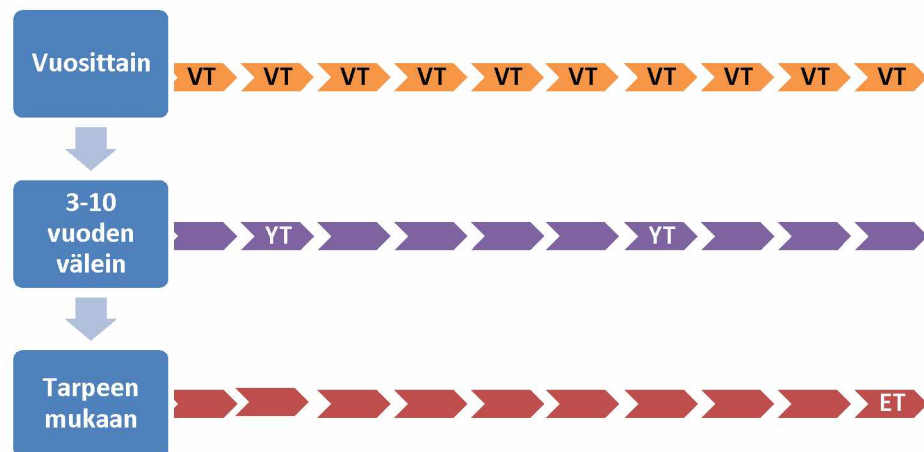
Tarkastuksista saadaan arvokasta tietoa rakenteiden kunnosta. Tarkastukset tuottavat tietoa mm. eri-ikäisten, erityyppisten ja eri olosuhteissa olevien rakenteiden kunnosta ja sen kehittymisestä. Erilaisten tarkastusten avulla saadaan eritasoista tietoa rakenteen kunnonhallinnan tueksi, jolloin voidaan hallitusti kohdentaa rakenteelle korjaustoimenpiteitä siten, että rakenteen liikenne- ja henkilöturvallisuus sekä kantavuus pysyvät sille määritetyllä tasolla.

Taitorakenteiden osalta rakenteen käytönaikaiset tarkastustyytit jaotellaan seuraavasti:

- vastaanottotarkastus (VOT)
- vuositarkastus (VT)
- yleistarkastus (YT)
- laajennettu yleistarkastus (LYT)
- erikoistarkastus (ET)
- tehostettu tarkkailu (TT), monitorointi

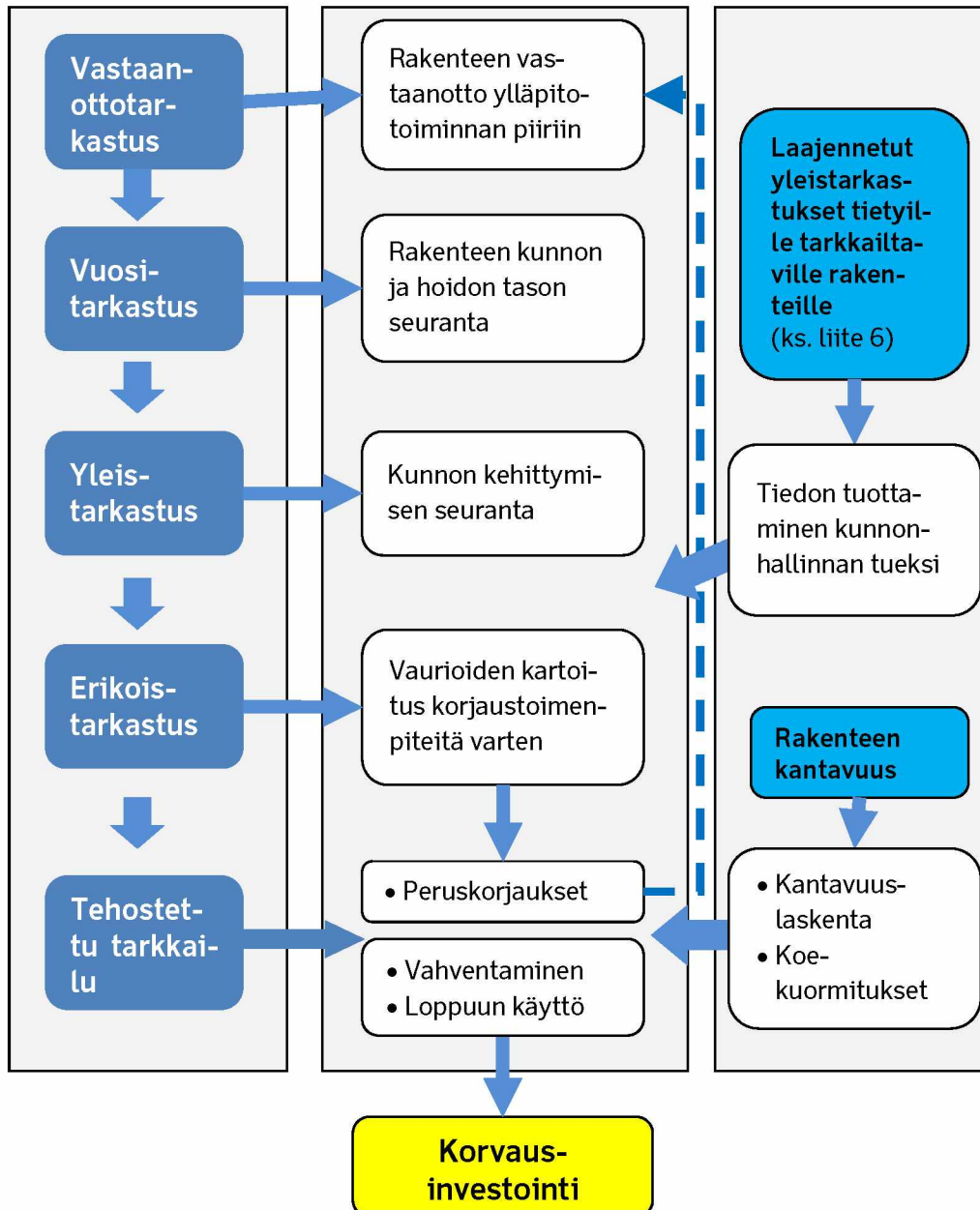
Pääsääntöisesti taitorakenteiden käyttöiän aikaisiin tarkastuksiin voidaan laskea seuraavat tarkastukset:

1. **Vastaanottotarkastus** käynnistää rakenteen tarkastustoiminnan. Vastaanottotarkastuksessa kerätään tarkastustoiminnan lähtöasiakirjat. Niiden perusteella rakenteen perustiedot päivitetään Taitorakennerekisteriin ja määrätään ensimmäisen yleistarkastuksen ajankohta.
2. **Vuositarkastuksessa** tehdään havainnot rakenneosien kunnosta ja tarkastetaan hoidon taso. Vuositarkastuksessa havaitut vauriot saatetaan tilaajan tietoon vuositarkastuslomakkeella. Pahat vauriot siirretään tarkastettavaksi yleistarkastuksessa tai tutkittavaksi erikoistarkastuksessa.
3. **Yleistarkastus** on pohjana seuraavalle tarkastukselle ja toimenpiteiden ohjelmoinnille. Yleistarkastuksessa havaittujen vakavien vaurioiden perusteella rakenne voidaan asettaa tehostettuun tarkkailuun tai sille suositellaan erikoistarkastusta. Suurille vesistösilloille ja terässilloille tehdään aika ajoin laajennettu yleistarkastus.
4. **Erikoistarkastus** suoritetaan kun rakenteen kunnosta on tarpeen saada silmämääräistä tutkimusta tarkempaa tietoa. Erikoistarkastus tehdään, kuin vuosi- tai yleistarkastuksen perusteella on syytä selvittää rakenteessa näkyvien vaurioiden syntymekanismeja tarkemmin, selvittää rakenteen vaurioitumisaste syvemältä, tarkentaa rakenteen kuntoarviota tai kun vaurioita on niin paljon, että rakenteen peruskorjaus alkaa olla ajankohtainen. Tarkastuksista saadaan lähtötiedot toiminnansuunnittelua tai korjaussuunnitelman laatimista varten.



Kuva 35. Taitorakenteiden käyttöiän aikainen tarkastusjärjestelmä

Tarkastukset ovat osa taitorakenteen elinkaarta ja niiden avulla rakenteelle voidaan suunnitella ja toteuttaa oikeat toimenpiteet. Koko tarkastusjärjestelmä on oleellinen osa taitorakenteiden kunnonhallintaa.



Kuva 36. Tarkastusjärjestelmä osana rakenteen elinkaarta

4.3 Vastaanottotarkastus

Taitorakenteiden lopputuotteen laatuvaatimukset on esitetty suunnitelma-asia-kirjoissa sekä InfraRYL-vaatimuksissa (21). Rakennusurakan osalta on noudatettava urakka-asiakirjojen sekä yleisten sopimusehtojen vaatimuksia. Takuutarkastusta ei erikseen tuoda esiin vaan sen lasketaan olevan osa rakenteen vastaanottoa.

Taitorakenteen vastaanottotarkastuksessa kohteen rakennuttaja vastaanottaa urakoitsijan suorittaman taitorakenteen rakennus- tai korjaustyön. Vastaanottotarkastus tehdään myös erilaisten elinkaariurakkamodoilla toteutettujen taitorakenteiden vastaanottamiseen liikenneviraston tai ELY- keskusten hallintaan. Samaa menettelyä voidaan käyttää myös muissa taitorakenteen hallinnansiirto tapauksissa.

Vastaanottotarkastuksessa varmistetaan, että lopputuote on suunnitelmissa ja/tai sopimusasiakirjoissa asetettujen vaatimusten mukainen. Taitorakenteen laatu- poikkeamien osalta sovitaan jatkotoimenpiteistä, joita voivat olla:

- poikkeamien hyväksyminen arvonalennusperiaatteen mukaisesti
- poikkeamien korjaaminen (jälkitarkastukset)

Vastaanottotarkastuksesta kootaan lähtöaineisto tarkastustoimintaa varten ja sen perusteella tehdään mahdolliset kirjaukset rakenteen kunnosta taitorakennerekisteriin. Vastaanottotarkastusta voidaan hyödyntää myös kohdekohtaisen palautteen keräämiseen mm. suunnitteluratkaisujen ja rakentamismenetelmien osalta.

4.4 Vuositarkastus

4.4.1 Yleistä

Vuositarkastus on taitorakenteelle vuosittain tehtävä silmämääräinen tarkastustoimenpide, jonka tarkoituksena on havaita liikenneturvallisuutta vaarantavat tai liikenteen sujuvuutta tai rakenteiden käyttöturvallisuutta haittaavat tekijät.

Tiesiltojen osalta vuositarkastusten tekeminen on ohjeistettu Siltojen vuositarkastusohjeessa (1) ja rautatiesiltojen sekä -tunneleiden osalta ohjeen RATO osassa 8. Sen lisäksi vuositarkastustoiminnan laatuvaatimuksia on esitetty siltojen hoidon ja ylläpidon laatuvaatimuksissa (22). Muiden taitorakenteiden osalta voidaan, tämän ohjeen lisäksi, soveltuvien osien noudattaa kyseisiä laatuvaatimuksia, ellei erikseen muita ohjeita tai vaatimuksia ole määritetty.

Kiinteiden merimerkkien osalta on tarkastuskäynnin osalta täydentäviä ohjeita annettu ohjeessa Kiinteiden turvalaitteiden huolto- ohje (23) sekä ohjeessa Ohje merenkulun turvalaitteen kunnan silmämääräiseen arviointiin (24).

4.4.2 Tarkastuksen suoritus

Tarkastuksessa käydään rakenne läpi rakenneosittain. Havaitut vauriot kirjataan muistiin ja niistä informoidaan tilaajaa sovitun mukaisesti. Vuositarkastuksessa kirjataan myös tarvittavat hoito- ja kunnostustoimenpiteet.

Vuositarkastus dokumentoidaan erilliselle taitorakennekohtaiselle tarkastuslomakkeelle. Kaikista henkilö- tai liikenneturvallisuutta vaarantavista vaurioista ilmoitetaan välittömästi kohteen kunnossapitäjälle, tilaajan yhteyshenkilölle sekä tilaajan ilmoittamalle viranomaiselle.

Tarkastuksessa kiinnitetään erityistä huomioita rakenteisiin, jotka vaurioituneena saattavat vaarantaa henkilö- ja liikenneturvallisuuden. Tämänäyttöisiä rakenteita ovat:

- kaiderakenteet, johteiden kunto, kaidepylvään kiinnitykset
- suoja- aidat, pylvään kiinnitys, suojarakenteen kunto
- haruskaapeleiden kunto ja kiinnitys
- katosrakenteiden kantavien osien kiinnitykset ja liitokset ja katoksiin liittyvien rakenteiden kiinnitysten kunto
- päällysteessä ja pengerrakenteessa olevat syöpymät, purkaumat, eroosiovauriot
- tikkaat (kanavien ja laitureiden yms. taitorakenteiden yhteydessä olevat varusteet)
- kallioleikkausten irtolohkareet
- sulkuportit ja niiden toimivuus

4.4.3 Raportointi

Tehdyt vuositarkastukset raportoidaan tilaajalle yhteenvetoraportilla, joka on vapaa- muotoinen suppea raportti tarkastetuista taitorakenteissa. Raportissa esitetään:

- kohteet, jotka vaativat puhdistus- tai kunnostustoimenpiteitä
- kohteet ja ehdotetut toimenpiteet korjaustyön ohjelmointia varten
- kohteet, jotka vaativat kuluvana vuonna tehtäviä korjaustoimenpiteitä (liikenne- tai henkilöturvallisuutta vaativat kohteet) näiden osalta kirjataan vielä yhteenvetoon milloin, miten ja kenelle vauriosta on aiemmin ilmoitettu

Raportin liitteenä toimitetaan korjaustyöohjelmointiin ehdotetuista kohteista sekä kohteista, joissa on havaittu turvallisuusriskejä, myös vuositarkastuslomake sekä valokuvia.

Yhteenvetoraportin lisäksi tilaajalle toimitetaan sähköisessä muodossa kaikki vuositarkastuslomakkeet taitorakenteiden tyyppien mukaan luokiteltuna rakenteiden numeroinnin mukaisessa järjestyksessä.

4.5 Yleistarkastus

4.5.1 Yleistä

Yleistarkastus on taitorakenteelle tehtävä ”pää tarkastus”, jolla seurataan rakenteen kunnan kehittymistä koko rakenteen käyttöajan ajan. Yleistarkastus on vuositarkastusta tarkempi, pääsääntöisesti silmämääräinen, tarkastus, joka tehdään pääsääntöisesti 5–10 vuoden välein. Tarkastuksen ajoitukset rakenteittain on esitetty taulukossa 2.

Seuraava tarkastus voidaan määrätä tehtäväksi jo 3–5 vuoden päästä, mikäli rakenteen kunto on tietyiltä osin niin huono, että vaurion/ vaurioiden kehittymistä on seurattava tarkemmin. Toisaalta hyväkuntoisten rakenteiden osalta tarkastusväli voisi olla jopa 8–10 vuotta, jos rakenteen kunto on hyvä.

Yleistarkastuksen tarkoituksena on tuottaa vuositarkastusta tarkempaa tietoa rakenteiden vaurioitumisesta ja kunnosta. Tarkastuksesta kirjataan ylös kaikki havaitut vauriot, sijaintitietoineen ja vaurioasteineen. Tarkastustiedot kirjataan Taitorakenne-rekisteriin.

Taitorakenteille, jotka kokonsa tai muiden erikoisominaisuuksiensa vuoksi vaativat normaalia yleistarkastusta tarkempia tarkastuksia, tehdään joka toinen yleistarkastus ns. **laajennettuna yleistarkastuksena** ks. kappale 4.6 .

Rakenteiden yleistarkastusten laatuvaatimukset ja tarkastusohjeet on esitetty erillisissä julkaisuissa:

- Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimukset
- Sillantarkastuskäsikirja
- Laituritarkastuskäsikirja
- Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirja
- Kiinteiden merimerkkien tarkastuskäsikirja

Tarkastustoiminta ja sen ohjeistus kehittyy jatkuvasti ja vanhojen ohjeiden uusimistyö sekä, eri rakenteita koskevien, uusien ohjeiden laatiminen on käynnissä. Oheinen lista päivittyy aika ajoin ja ajantasainen lista ko. ohjeista löytyy Liikenneviraston Internet-sivuilta.

Niiden rakenteiden osalta, joista ei erillistä yleistarkastusohjetta ole laadittu, noudatetaan soveltuvin osin em. ohjeita sekä tässä julkaisussa esitettyjä ohjeita rakenteiden tarkastamisesta. Kohdassa 4.5.2 on pääpiirteittäin esitetty yleistarkastuksessa rakenteista tarkastettavat kohteet.



Kuva 37, Kiinteä merimerkki

Taulukko 2. Yleistarkastusten ajoitus

Tiesillat	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta, vaihteluväli 3- 8 vuotta riippuen rakenteen kunnosta
Rautatiesillat	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta, vaihteluväli 3- 8 vuotta riippuen rakenteen kunnosta
Väylien ylittävät siltamaiset rakenteet ja rakennukset	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta, vaihteluväli 3- 8 vuotta riippuen rakenteen kunnosta
Rautatierummut	<ul style="list-style-type: none"> • Vuositarkastus Rumko- ohjeen mukaisesti • Toistaiseksi ei ole voimassa olevaa yleistarkastusohjetta
Tietunnelit	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta
Rautatietunnelit	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta vilkasliikenteisillä rataosilla • 7 vuotta muilla rataosilla
Kalliroleikkaukset	<ul style="list-style-type: none"> • 5-10 vuotta
Sulut	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta, syväväylien kanavarakenteet • 10 vuotta muut kanavat • sulkuportit vuosittain
Laiva- ja uittojohteet	<ul style="list-style-type: none"> • kanavarakenteiden ja siltojen yhteydessä olevat johteet yo. mukaisesti • muut 5-10 vuotta
Padot, turvapadot ja lapot	<ul style="list-style-type: none"> • 10 vuotta
Laiturit ja lauttapaikat	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta, vaihteluväli 3- 8 vuotta riippuen rakenteen kunnosta
Tukimuurit	<ul style="list-style-type: none"> • 5-10 vuotta
Paalulaatat	<ul style="list-style-type: none"> • ko. rakenteille ei tehdä yleistarkastusta, koska rakenteet eivät ole nähtävillä
Kiinteät merimerkit	<ul style="list-style-type: none"> • 5-10 vuotta
Rautateiden liikennepaikat -asemalaiturit -katokset	<ul style="list-style-type: none"> • 5 vuotta
Meluseinät ja -kaiteet	<ul style="list-style-type: none"> • 5-10 vuotta

4.5.2 Tarkastuksessa tarkastettavat kohteet

Erityyppisten tarkastusten sisältö vaihtelee rakenteittain ja on tarkemmin esitetty rakennekohtaisissa tarkastusohjeissa ja käsikirjoissa.

Seuraavien sivujen luetteloissa on listattu eri taitorakenteista tarkastettavia asioita. Luettelo on pyritty laatimaan siten, että se kattaisi mahdollisimman monen tyyppiset rakenteet. Luettelo ei ole täydellinen, mutta antaa hyvän lähtökohdan taitorakenteen tarkastuksessa tarkastettaviin asioihin.

Listausta voidaan soveltaa yleistarkastuksen lisäksi myös muihin tarkastuksiin. Listan tarkoitus on tuoda esille niitä asioita mitä tietyn tyyppisessä ja tietystä materiaalista valmistetusta taitorakenteesta on kohdekohtaisessa tarkastuksessa huomioitava.



Kuva 38. Erityyppisiä tarkastettavia taitorakenteita: teräsbetoninen laattasilta, teräsrakenteinen kiinteä merimerkki, teräsbetoninen ylikulkusilta sähköistetyin radan yli.

Betonirakenteiset taitorakenteet:

Rakenteet käydään kokonaisvaltaisesti läpi rakenneosittain. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

- esiintyykö rakenteissa pysyviä taipumia, painumia, siirtymiä, kallistumia tai pullistumia => normaalista poikkeavia muodonmuutoksia
- onko rakenteissa merkkejä poikkeuksellisista rasituksista, joita saattavat aiheuttaa maan siirtymä, routanousu, virtaava vesi, jäiden lähtö, perustusten painuminen
- esiintyykö rakenteessa pintahalkeamia tai rakenteellisia halkeamia, jolloin pyritään selvittämään halkeamien syy: painuminen, kutistuminen, lämpötilamuutokset tai ylikuormitus
- onko reunapalkeissa tai muissa rakenteissa suolakorroosiota, jäätymisen aiheuttamia lohkeamia tai muita pintavaurioita
- onko betonipinnoissa ruostetta tai muita merkkejä, joiden perusteella voidaan epäillä, että raudoituksen betonipeite ei ole riittävä ja/ tai betoniterästen korroosio on käynnissä
- esiintyykö vesirajassa tai muualla pintavaurioita
- esiintyykö betonipinnoissa kalkkivuotoa, ruostevuotoa tai muita merkkejä vesivuodosta
- onko kaidepylväiden juurikorokkeissa tai juuren betonirakenteessa halkeamia tai pääseekö vesi muuten pylvään juureen
- onko laakeritasoilla, laakerikorokkeissa tai maatukien otsamuureissa syöpymiä, halkeamia tai muita vaurioita ja toimiiko laakeritasojen kuivatus
- onko taitorakenteen liikenteen vastaisissa rakenneosissa törmäysjälkiä, jolloin on samalla tarkastettava, ovatko törmäyspalkit, muut mahdolliset korkeudenrajoittimet, kaiteet, johteet kunnossa
- onko päällysrakenteen pinnoilla kasvillisuutta tai epäpuhtauksia
- onko kuivatuslaitteissa roskia, joista on haittaa kuivatukselle
- onko suljetuissa laite-, kotelo- yms. tiloissa kosteutta, jolloin on selvitettävä tuuletuksessa olevat puutteet
- onko suljetuissa laite-, kotelo- yms. tiloissa epäpuhtauksia, jolloin on selvitettävä mistä ne johtuvat

Jännitettyjen betonirakenteiden osalta rakenteissa esiintyviin halkeamiin ja muihin vaurioihin on suhtauduttava erityisen vakavasti. Lisäksi kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- esiintyykö jännekaapeleiden ankkureiden läheisyydessä halkeamia tai vuotoja
- esiintyykö rapautunutta tai muuten heikkolaatuista betonia
- onko tiesillan kansilaatassa halkeamia välitukien kohdilla, jolloin on vaarana, että suolainen vesi saattaa valua kannen läpi
- onko jännekaapelien lähellä ruosteläiskiä; kaapelit sijaitsevat tukien kohdilla ylhäällä ja aukoissa alhaalla
- onko taitorakenteen liikenteen vastaisissa rakenneosissa törmäysjälkiä, jolloin on samalla tarkastettava, ovatko törmäyspalkit, muut mahdolliset korkeudenrajoittimet, kaiteet ja johteet kunnossa
- onko halkeilleissa rakenteissa taipumia tai painumia

Teräsrakenteiden tarkastuksessa kiinnitetään lisäksi huomiota seuraaviin seikkoihin:

- esiintyykö pinnoitteissa tai teräsrakenteessa ruoste- tai muita vaurioita
- esiintyykö silmin nähtäviä murtumia, halkeamia tai syöpymiä
- onko teräsrakenteissa yleensä taipumia tai muodonmuutoksia
- onko havaittavia törmäysvaurioita
- ovatko riipputangot, vetotangot, harukset, vaijerit epänormaalin kireällä tai löysällä sekä aiheuttavatko tuuli ja liikenne suuria heilahduksia
- ovatko riippusillan soljet liukuneet
- ovatko köysien kittaukset ja läpivientien tiivisteet irronneet tai puutteelliset
- ovatko ristikkorakenteiden sauvat vääntyneet, löystyneet tai muuten joutuneet virheelliseen asemaan.
- ovatko pultit, niitit, mutterit löystyneet tai katkeilleet
- kuuluuko rakenteista epätavallisia ääniä kuormituksen alaisena: kolahdukset, natina, narina
- kerääntyykö umpinaisiin tiloihin kosteutta, jolloin on pyrittävä selvittämään tuuletuksessa olevat puutteet
- kerääntyykö rakenteiden päälle vettä ja epäpuhtauksia, jolloin on samalla arvostettava kuivauslaitteiden riittävyys

Puurakenteiden taitorakenteiden erityispiirteenä on erilaisten kuluma ja lahovaurioiden mahdollinen esiintyminen. Puisia taitorakenteita tarkastettaessa on kiinnitettävä huomiota seuraavien asioiden havainnointiin:

- ovatko puusiltojen maatuot liian korkeat, ovatko niskapuut kallistuneet ja ovatko paalujen päät haljenneet
- onko puupaaluissa, puuponttiseinissä, arinoissa tai kiviarkuissa lahovikoja, jotka aiheutuvat siitä, että rakenteet ovat ajoittain vedenpinnan yläpuolella
- onko puurakenteissa lahovikoja ja kerääntyykö rakenteiden päälle vettä
- onko ruuvien pituus riittävä ja aluslevyt oikean kokoiset sekä ovatko mutterit riittävän kireällä
- onko puisen kansirakenteen kiinnitys teräspalkkien laippoihin tms. pääkannattimeen riittävä
- ovatko kaiteet, kulmateräksset ja peitelevyt tyydyttävässä kunnossa ja hyvin kiinnitettynä
- onko rakenteen kansilankutus harva tai ovatko liimapuuelementtikannen saumat irronneet tai muuten puutteelliset
- esiintyykö liimapuupalkeissa läpimeneviä halkeamia tai liimasaumoissa irtomia tukialueella

Kivi- ja muurattujen taitorakenteiden tarkastuksessa kiinnitetään lisäksi huomiota seuraaviin seikkoihin:

- ovatko kivirakenteiden saumat auenneet taikka kivet pudonneet pois, siirtyneet tai halkeilleet, ilmentäen näin rakenteiden ja kivien liikkeitä
- onko kivissä rapautumia, kuoriutumista tai muita huomattavia vaurioita
- onko muuratuissa rakenteissa rapautumista, rikkoutumista
- onko rakenteissa jälkiä vesivuodoista
- onko rakenteissa tai sen osissa muodonmuutoksia, siirtymiä, painumia
- missä kunnossa ovat rakenteiden saumat (mm. laastisauman kunto)
- onko ajoradassa tai radassa kivirakenteisen holvisillan holvin päällä painumia tai ovatko sivumuurit pullistuneet ulospäin
- onko kivirakenteisissa muureissa yms. rakenteissa silmin havaittavia muodonmuutoksia, kivien siirtymiä

Liikkuneet kivet merkitään mahdollisuuksien mukaan vedenkestävällä väriliidulla. Liikkeiden suuruus mitataan ja kirjataan ylös tarkastuslomakkeisiin.

Laakerit ja liikuntasaumalaitteet

Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- onko liikkuvien laakereiden asento oikea ja vaadittu liikuntatila riittävä
- onko laakerirullissa tai laakerilevyissä ruostetta ja onko vierintäpinnat rasvattu ohjeiden mukaan
- onko laakerirakenteiden kosketus tasainen ja ovatko ruuvit muttereineen paikallaan ja riittävän kireällä sekä onko asennuspultit poistettu
- onko laakereissa murtumia tai muita vaurioita
- ovatko laakereiden alustavalut kunnossa
- ovatko kumilaakerien lamellit painuneet epänormaalin vinoon tai pullistuneet ulos tai teräslevyt leikkautuneet irti
- onko liikuntasaumoissa riittävä liikuntavara ja ovatko peitelevyt tyydyttävässä kunnossa ja hyvin kiinnitetyt
- esiintyykö vesitiiviissä liikuntasaumalaitteessa vesivuotoja, jolloin on samalla selvitettävä poistuuko vesi liikuntasaumalaitteen päältä
- esiintyykö liikuntasaumalaitteen tukikaistoissa kulumista, halkeamia tai murtumia
- aiheutuuko ajoneuvoista poikkeuksellisia iskuja liikuntasaumalaitteisiin taikka häiritsevää ääntä, jolloin on selvitettävä, onko aiheuttaja kynnysmuodostuma vai muu syy
- valuuko vesi sillan reunoissa alapuolisten rakenteiden päälle, jolloin on selvitettävä, onko vesitiivis liikuntasaumalaitte tehty liian lyhyeksi taikka sauma reunapalkin osalla jätetty avoimeksi tai saumausmassa irronnut
- onko laakerien pinnoilla ja liikuntalaitteiden tiivistekumien päällä maa-aineksia tai muita epäpuhtauksia

Kaiteet ja aidat

Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- onko kaiteissa ruoste- tai törmäysvaurioita taikka ajoneuvojen aiheuttamia naarmuja
- ovatko hitsausjatkokset ja tiekaiteen johteen jatkokset tehty oikein
- ovatko kaiteen liikuntajatkokset oikeissa paikoissa sekä onko jatkoksissa riittävästi liikevaraa ja toimivatko jatkokset
- onko sillan ukkopylväät turvallisuussyistä tarpeen poistaa ja tehdä tilalle vi-not päätteet
- onko kaiteen ja/ tai tiekaiteen johteen tyyppi ja korkeusasema oikea sekä onko niiden kiinnitys riittävä
- onko ruosteisia ruuveja ja aluslevyjä
- onko puukaiteen jatkokset tehty oikein
- onko rakenteen ja penkereen kaiteiden liitoskohta asianmukainen niin, ettei johteessa ole epäjatkuvuuskohtaa
- ovatko kevyen liikenteen käsijohteet ehjät ja kunnollisesti kiinni
- ovatko turva- aidat ehjiä ja ovatko niiden pituus/ korkeus riittävät

Muut varusteet ja laitteet

Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota myös seuraavien varusteiden ja laitteiden kuntoon ja vaurioihin:

- liikennemerkkit ja radan merkit
- törmäyspalkit ja muut korkeudenrajoittimet
- panostilat ja panoskiinnikkeet
- tarkkailupisteet ja kontaktitapit
- hoitosillat ja hoitosillakkeet
- kulkuaukot, kulkuesteet, portaat ja tikkaat
- valaistuslaitteet ja niiden kiinnikkeet ja johtojen suojaukset
- sähkö- ja puhelinjohtojen kiinnikkeet, suojaputket ja kaapelihyllyt
- kaukolämpöputkien kiinnitys ja ulkonäkö
- rautatien sähköistykseen liittyvät kosketussuojat sekä muut rautateiden sähköjärjestelmiin liittyvät rakenteet soveltuvien osien
- ovatko porrasaskelmat ehjät ja kunnollisesti kiinni

Rautatierakenteet

- mikä on kaiteen/ muun kiinteän rakenteen/ tunneliseinän jne. etäisyys lähimmän raiteen keskilinjasta
- mikä on radan tukikerroksen asema suhteessa taitorakenteeseen (pysyvä tukikerros raidetta tukevana= tukikerroksen riittävyys)
- onko raiteessa ja/ tai sen tukikerroksessa havaittavissa painumia tai siirtymiä
- onko ratapenkereessä painumia, siirtymiä tai paikallisia sortumia
- raiteen kunto sillalla ja soveltuvien osien myös muun taitorakenteen yhteydessä:
 - o jos silta on siirtymäkaarella, miten kallistus on hoidettu sillalla, lovettu vai kiilaamalla ja mikä on kiilauksen kunto
 - o onko sillan ja pelkan välissä käytetty joustomassavaluja ja ovatko ne paikoillaan ja kunnossa
 - o mahdollisen kiskonliikuntalaitteen ja tukikerroksen katkaisulaitteen kunto, onko kiskomurtumia tai muuta epätavallista
 - o raiteen kulkupinnan tasaisuus ja mahdolliset ympärilyönnit
 - o kiskonkiinnitysten kunto
 - o rata- ja siltapölkkyjen kunto ja kiinnitys
 - o kiskon ja pölkkyrakenteiden väljyys, toisin sanoen pääseekö kisko liikkumaan junan alla
 - o suojakiskon kunto, kiinnitys ja tyyppi ja jos suojakiskoa ei ole onko sellaiselle tarvetta
- maadoitukset, sillan rakenteesta paluuvirtakiskoon tulevien liitäntöjen ja johdinten ehjyys
- paalulaattojen osalta tarkastus keskittyy rakenteen sijainnin varmistamiseen ja ratarakenteen kuntoon paalulaatan kohdalla

Vesiväylärakenteet

- laiva- ja uittojohteiden sekä väylämerkkien kunto
- perustusten, harusten yms. kantavien rakenteiden kunto
- varusteiden kunto (tikkaat, työtasot, kulkutiet jne.)
- onko merkkejä eroosiovaurioista
- onko vesirajassa / roiskevyöhykkeessä korroosiovauriota
- sulkuporttien toiminta ja tiiveys
- väylämerkin tunnusten ja väritysten kunto
- onko uomassa veden virtausta estäviä esineitä

Tierakenteet taitorakenteiden yhteydessä

- näkemät
- tiejohteiden mitoitus, kunto ja tarpeellisuus
- onko pengerkaiteen pituus ja korkeus oikea, onko päätteet tehty oikein ja varustettu sumupaaluilla sekä ovatko rakenteet kunnossa
- tien päällysteen vauriot, esiintykö päällysteessä halkeamia, reikiä, kulumisuria, purkautumia, painanteita tai kuplimista
- tiepenkereiden kunto, sortumat, painumat yms.
- paalulaattojen osalta tarkastus keskittyy rakenteen sijainnin varmistamiseen ja tierakenteen kuntoon paalulaatan kohdalla
- esiintykö sillan päällysteessä vaurioita
- ovatko sillan päällysteen saumaukset irronneet tai muuten puutteellisia
- lammikoituuko vesi ajoradalle, jolloin on selvitettävä, ovatko pinnan kaltevuusolosuhteet virheelliset tai onko siltakannella syöksytoria liian vähän

Kalliotunnelit

- onko lujitusrakenteissa merkkejä rakenteellisista vaurioista:
 - o ruiskubetonin halkeamat
 - o ruiskubetonin tartunta (koputuskoe)
 - o mahdollisesti vettä vuotavat pultitusreiät
- onko kallioleikkauksessa/ tunnelissa vettä vuotavia halkeamia
- onko tunneleiden ruiskubetonipinnoissa jälkiä vesivuodoista
- onko tunneleiden betoni-, ruiskubetonirakenteissa tai kalliossa rapautumisvaurioita
- onko havaittavissa paannejään/ jääpuikkojen muodostumista
- onko tunnelin suuaukon ympärillä, yläpuolella suoja- aita ja onko se kunnossa
- ovatko verhousrakenteiden kiinnitykset kunnossa ja ovatko verhousrakenteet muutoin ehjiä
- onko tunnelirakenteen kuivatus ja ympäristön pintavesien ohjaus kunnossa

Kallioleikkaukset

- onko lujitusrakenteissa merkkejä rakenteellisista vaurioista:
 - o ruiskubetonin halkeamat
 - o ruiskubetonin tartunta (koputuskoe)
 - o mahdollisesti vettä vuotavat pultitusreiät
- onko kallioleikkauksessa vettä vuotavia halkeamia
- onko kallioleikkauksessa tai sen alareunassa irtonaisia kiviä/ lohkareita
- onko kallioleikkauksen pinnassa havaittavissa paikallisia muodonmuutoksia, halkeamia tai rapautumista
- onko kallioleikkauksen yläpuolella suoja- aita ja onko se kunnossa

Taitorakenteen lähiympäristön rakenteet

Tarkastus käsittää penkereet, keilat, luiskat, uoman tai alittavan väylän sekä rakenteeseen oleellisesti liittyvän ympäristön. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

- ovatko rakenteen ja penkereiden liittymäkohdat kunnossa
- onko kuivatuslaitteita riittävästi ja ovatko laitteet kunnossa
- onko keiloissa/ luiskissa haitallista kasvillisuutta tai vaurioita
- tukevatko keilat siipimuurien päitä riittävästi
- ovatko verhoukset mahdollisine saumauksineen kunnossa
- onko pientareilla, keiloissa ja luiskissa asfalttijätettä, maa-aineksia tai muuta roskaa
- ovatko portaat ja muut rakenteet kunnossa tai onko tarvetta niiden rakentamiseen
- onko uomassa tai luiskissa eroosiovaurioita
- onko taitorakenteen rakenteissa ja lähiympäristössä töherryksiä
- onko rakenteen ympäristö siisti ja sen maisemallisen arvon mukaisessa kunnossa



Kuva 39. Sillan kaiteen päästä puuttuu viiste, keilan yläosan eroosiovaurio, kaapelit!

4.6 Laajennettu yleistarkastus

4.6.1 Yleistä

Laajennettu yleistarkastus sisältää normaalin yleistarkastuksen lisäksi näytteidenottoa ym. tarkastusta tukevia toimenpiteitä, jotka on katsottu tarpeelliseksi riittävän kattavan tiedon saamiseksi taitorakenteen kunnosta.

Pääsääntöisesti laajennettu yleistarkastus tehdään erillisten taitorakennekohtaisten ohjeiden mukaisesti. Teräs- ja köysisilloille on julkaistu omat ohjeensa Liikenneviraston ohjeita -sarjassa.

- Sillan laajennettu yleistarkastus, osa 1: Terässillat (25)
- Sillan laajennettu yleistarkastus, osa 2: Köysisillat (9)

Lisäksi laajennettu yleistarkastus tehdään suurille vesistösiltoille, joita ei pystytä kunnolla tarkastamaan rannalta tai veneestä kiikaroimalla, vaan on käytettävä silta-kurkea tai muita tarkastusten apuvälineitä.

Suurten vesistösiltojen yleistarkastuksen pääasiallisena tarkoituksena on saada Silta-rekisteriin suurista vesistösiltoista luotettavat ja vähintään saman tasoiset kunto- ja vauriotiedot kuin pienemmistäkin silloista. Lisäksi tarkastuksessa hankitaan erikoistarkastuksen keinoin tarkempaa tietoa sillan kunnosta ja vaurioista ja niiden kehittymisestä, jotta tulevat korjaustarpeet ja korjausten optimaaliset ajankohdat voidaan määrittää ja ennakoida paremmin.

Uuden suuren vesistösilan ensimmäinen yleistarkastus tehdään laajennettuna yleistarkastuksena takuutarkastuksen yhteydessä. Ensimmäisessä yleistarkastuksessa tulisi olla mukana pätevän sillantarkastajan lisäksi sillan rakenteet hyvin tunteva henkilö, esimerkiksi sillan suunnittelija tai rakennussuunnitelman tarkastaja.

Laajennettujen yleistarkastusten tarkastajien pätevyysvaatimukset on esitetty liitteessä 2 sekä erillisissä tarkastusohjeissa.



Kuva 40.

Vinoköysisilta, jonka teräsbetonirakenteinen kansirakenne on kannatettu pääaukossa vinoköysillä, jotka tukeutuvat teräsbetoniiseen pyloniin.

4.6.2 Tarkastettavat sillat

Terässilloja ovat:

- sillat, joiden pääkannattajat ovat teräspalkkeja tai liittopalkkeja
- sillat, joissa betoninen siltakansi yhdessä teräspalkin kanssa toimii yhdessä kantavana rakenteena
- teräksiset kotelosillat, joissa teräskotelon ylälaipan muodostaa liittorakenteena toimiva betonilaatta tai teräksinen (esim. ortotrooppinen) siltakansi ja kotelon alalaipan muodostaa jäykistetty teräslevy tai teräksinen vääntöristikko (vaakaristikko)
- teräksiset ristikkosillat ja riippusillat
- riippu- ja vinoköysisillat

Köysisilloja ovat sillat, joiden jokin osa päällysrakenteesta, esimerkiksi pääjänne on kannatettu teräsköysillä. Sillan päällysrakenne voi olla joko teräs- tai betonirakenne tai niiden yhdessä muodostama kokonaisuus. Tyypillisiä köysisilloja ovat vinoköysisillat, riippusillat ja niin sanotut Langer- palkkisillat sekä ansassillat.

Suuret vesistösillat ovat erikseen nimettyjä siltoja. Näistä nimetyistä silloista on tehty Taitorakennerekisteriin osatietokanta (SVYT). Siihen lisätään uusia siltoja harkinnan mukaan, joko uuden suuren vesistösillan valmistuttua tai muuten ilmenneen tarpeen vaatiessa. ELY- keskuksen siltainsinööri tai Liikenneviraston sillan rakennushankkeen vastuuhenkilö toimittaa rekisterin järjestelmävastuuhenkilölle tiedon valmistuneesta tai osatietokantaan muusta syystä lisättävästä sillasta. Jos vesistösilta on riittävän turvallinen tarkastettavaksi veneestä eikä silta ole liian korkea luotettavien havaintojen tekemiseksi, siltaa ei valita ko. osatietokantaan.

Siltojen hallintajärjestelmän kehittämiseen liittyviä tarkkailusilloja ei ole otettu osatietokantaan toistaiseksi, vaan niiden laajennetut yleistarkastukset (entinen perustarkastus) tehdään viiden vuoden välein erillisinä projekteina. osatietokantaan ei myöskään ole otettu mukaan riippu- ja vinoköysisilloja eikä niitä erikoissilloja, joille on laadittu siltakohtainen hoito-ohje. Erikoissiltojen osalta tarkistetaan, että seuraavaksi tarkastukseksi on merkitty laajennettu yleistarkastus tai erikoistarkastus hoito-ohjelman mukaiselle vuodelle.

4.6.3 Tarkastusväli

Laajennettu yleistarkastus tehdään normaalissa yleistarkastuskierrossa joka toinen kerta.

Suurten vesistösiltojen laajennettu yleistarkastus tehdään keskimäärin kahdeksan vuoden välein. Tarkastaja määrittää seuraavan tarkastuksen ajankohdan sillan iän ja kunnon perusteella.

Tarkastusväli voi olla pitempi kuin muilla yleistarkastuksilla, koska tarkastuksessa tehtävien tutkimusten ansiosta sillan kunto- ja vauriokehityksen ennustettavuus on parempi.

4.6.4 Tarkastuksen suorittaminen

Tarkastusten apuvälineet

Suuren vesistösillan yleistarkastus tehdään aina siltakurjesta tai ponttonille sijoitusta henkilönostimesta käsin. Apuvälineitä on käytettävä, vaikka sillassa on hoitosilta, koska hoitosillalta katsoen jää paljon katvealueita kuten kannen ulokkeet ja pääkannattajien ulkopuoli. Välitukien tarkastaminen ja mittauksen tekeminen edellyttävät myös apuvälineiden käyttöä.

Tarkastusmenetelmät ja raportointi

Laajennetussa yleistarkastuksessa tehdään Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimusten mukainen yleistarkastus ja lisäksi seuraavia tutkimuksia:

- betonipeitemittaus
- betonipinnan kosteuden mittaus
- kloridipitoisuuden määrittäminen
- teräsrakenteiden pinnoitepaksuuden mittaus

Tilaaaja voi harkintansa mukaan tilata tarkastuksen lisätyönä esimerkiksi seuraavia paikallisesti tai määrällisesti rajattuja lisätutkimuksia:

- karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen
- betonin pintalujuuden mittaus kimmovasaralla
- potentiaalimittaus
- halkeamien kartoittaminen

Lisäksi noudatetaan teräs- ja köysisilloille sekä muille erikoisrakenteille niille laadittuja yksityiskohtaisia laajennetun yleistarkastuksen ohjeita.

Yleistarkastustulokset päivitetään Taitorakennerekisteriin. Lisäksi laaditaan lyhyt sanallinen tarkastusselostus, jossa täydennetään rekisteritietoja oleellisimpien havaintojen tai vaurioiden osalta ja tehdään ehdotuksia seuraavassa tarkastuksessa tarpeellisista tutkimuksista ja välittömistä korjaustoimista. Tutkimustuloksia rekisteriin päivitettäessä tutkimuskohdan sijainti merkitään vaurion sijainnin kirjaamista koskevien ohjeiden mukaisesti.

4.6.5 Tutkimusten laajuus

Tässä määritetty tutkimusten laajuus on vähimmäisvaatimus. Tarvittaessa tutkimusten määrää lisätään tarkastajan harkinnan mukaan. Tarpeettomia mittauksia tai tutkimuksia ei tehdä, jos Siltarekisterissä on jo kyseinen tutkimustulos eikä silmämääräisten havaintojen perusteella ole tapahtunut oleellisia muutoksia.

Betonipeitemittaus

Päällysrakenteesta betonipeitemittauksia tehdään yhdestä poikkileikkauksesta jokaisessa silta-aukossa.

Alusrakenteista betonipeitemittauksia tehdään jokaisesta tuesta sillan keskeltä ja molemmista reunoista.

Rekisteriin kirjataan päällysrakenteen, maatumien ja välitukien pienin ja suurin mitattu arvo. Päällysrakenteesta kirjataan lisäksi jokaisesta aukosta pienin mitattu betoni-

peite, jos se on pienempi kuin 30 mm. Jos mittaustulos on aiemmin kirjattujen raja-arvojen välissä, mittaustulosta ei kirjata rekisteriin.

Betonipinnan kosteuden mittaus

Kosteusmittauksia tehdään absoluuttisen kosteuden pintakosteusmittarilla harkinnan mukaan päällysrakenteen kohdista, joissa on kalkkihärmää tai muita vesivuotovaurioihin viittaavia seikkoja. Vertailumittaus tehdään lähellä olevasta kuivasta ja hyvästä betonipinnasta.

Rekisteriin kirjataan pienin ja suurin mitattu arvo. Mittauskohdaksi merkitään suurimman kosteuden sijainti.

Kloridipitoisuuden määrittäminen

Näytteitä otetaan harkinnan mukaan päällysrakenteen kohdista, joissa on vesivuotovaurioita tai rapautumista. Jos siltakurki ulottuu, näytteitä otetaan merivedessä olevien alusrakenteiden vedenpinnan vaikutusalueella olevista betonipinnoista, joissa on suola-pakkasvaurioihin viittaavaa rapautumista.

Näytesyvyys on ensimmäisellä kerralla 0–20 mm. Jos Siltarekisterissä on jo tutkimustulos kohonneesta kloridipitoisuudesta, porataan samasta kohdasta uusi näyte 20–40 mm:n syvyydeltä. Kloridipitoisuuden määrittäminen tehdään happoliukoisena betonin pinnasta.

Rekisteriin kirjataan päällysrakenteen ja alusrakenteen suurin tutkittu kloridipitoisuus. Näytteenottokohdan sijainti on merkittävä mahdollisimman tarkasti.

Teräsrakenteiden pinnoitepaksuuden mittaus

Ensimmäisessä yleistarkastuksessa pinnoitepaksuuden mittauksia tehdään pääkannattajista yhdestä poikkileikkauksesta jokaisessa silta-aukossa. Seuraavilla kerroilla täydentävien mittausten tarve harkitaan aiempien mittaustulosten perusteella. Täydentävien mittausten tekemisestä päättää tilaaja.

Rekisteriin kirjataan pienin ja suurin mitattu arvo. Päällysrakenteesta kirjataan lisäksi jokaisesta aukosta pienin mitattu pinnoitepaksuus, jos se on pienempi kuin 100 µm. Jos mittaustulos on aiemmin kirjattujen raja-arvojen välissä, mittaustulosta ei kirjata rekisteriin.

Lisätyönä tilattavat tutkimukset

Tilaaja määrittää lisätyönä tehtävien tutkimusten laajuuden tarjouspyynnössä.

Karbonatisoitumissyvyyden selvittämistarvetta harkittaessa otetaan huomioon betonipinnan laatu, betonipeite, ympäristörasitus ja sillan ikä.

Potentiaalmittauksia on syytä tehdä, jos kloridit tai karbonatisoituminen ovat saavuttaneet raudoituksen.

Kimmoasaramittauksia voidaan tehdä, jos halutaan selvittää betonin lujuusvaihte-luita tai lujuustasoa.

Halkeamien kartoittamista voidaan tehdä yleistarkastuksessa paikallisesti rajatuille alueille. Laajojen alueiden täydellinen halkeamakartoitus tehdään erillisenä projektina.

4.7 Erikoistarkastus

4.7.1 Yleistä

Erikoistarkastuksen tarkoituksena on saada yleistarkastusta tarkempaa tietoa rakenteen kunnosta korjaussuunnittelun ja/ tai muiden toimenpidepäätösten lähtötiedoksi. Erikoistarkastuksessa käytetään silmämääräisen tarkastuksen lisäksi tutkimusmenetelmiä, joiden avulla rakenteiden kuntoa voidaan arvioida pintaa syvemmältä. Erikoistarkastus voidaan koko rakenteen lisäksi rajata käsittämään tietyn rakenneosan/ tutkimustyyppin.

Taitorakenteiden erikoistarkastukseen kuuluu pääsääntöisesti:

- tarkastussuunnitelman laatiminen
- tarkastuksen turvallisuussuunnitelman laatiminen
- mahdollisten liikennejärjestelysuunnitelmien laatiminen
- yleistarkastus
- kenttätutkimusten ja -mittausten tekeminen ja näytteenotto
- laboratoriotutkimusten tekeminen
- tarkastustietojen ja tutkimustulosten päivittäminen Taitorakennerekisteriin
- erikoistarkastusraportin laatiminen (26)

Tehtäessä yksittäisiä tiettyyn vaurioon, rakenneosaan, vauriomekanismiin tms. kohdistuvia erillisiä, tarkemmin määriteltyjä, erikoistarkastuksia on ne suunniteltava erikseen ja niiden sisältö ja laatu- sekä pätevyysvaatimukset määritettävä tapauskohtaisesti.



Kuva 41. Sillan erikoistarkastus erikoistelineeltä

4.7.2 Erikoistarkastuksen ajoitus

Erikoistarkastuksen ajoitus riippuu rakenteesta sekä sen kunnosta. Rakenteiden kuntoa seurataan yleistarkastusten perusteella tehtyjen vauriokirjausten sekä niistä aiheutuvien rakennekohtaisten vauriopistesummien perusteella.

Erikoistarkastus tehdään pääsääntöisesti seuraavissa tapauksissa:

1. täydentämään yleistarkastusta, kun tarvitaan
 - erikoista asiantuntemusta ja/ tai erikoista ammattitaitoa
 - erikoisia tutkimusvälineitä tai
 - näytteiden ottoa rakenteista
2. korjaus- tai uusimistarpeen sekä korjauksen ajoituksen ja kannattavuuden selvittämiseksi
3. ryhdyttäessä laatimaan korjaussuunnitelmaa, jotta saadaan luotettava tieto rakenteiden vaurioista, rakennemitoista ja kantavuuteen vaikuttavista vaurioista, sekä rakenteiden käyttöikään ja korjaustoimenpiteiden onnistumiseen vaikuttavista seikoista
4. tutkittaessa harvinaisia ilmastollisia, vesistöllisiä ja geoteknisiä vaikutuksia
5. tutkittaessa keskitetyn valvonnan alaisena suurten siltojen tai muiden vaativien taitorakenteiden kuntoa ja muodonmuutoksia
6. tutkittaessa rakenteiden vedenalaisia rakenteita

Erikoistarkastusten ajoittaminen vaihtelee tarkastuksen sisällön, rakenteen kunnan ja vaurioitumisen seurauksena. Erikoistarkastus tehdään lähes poikkeuksetta aina ennen korjaussuunnittelua, ellei ole kyseessä yksinkertainen, suoraan Liikenneviraston hyväksymillä korjausohjeilla, toteutettava korjaustoimenpide.

- SILKO- ohjeet, Siltojen korjausohjeet
- Rautatiesiltojen korjausohjeet

Erikoistarkastus koko taitorakenteen tai sen tietyn rakenneosan kohdalla voidaan teettää myös muista erityisistä syistä, joita ovat mm:

- rakenteen kunnan selvittäminen kantavuuslaskentaa varten
- tietyn vaurion syntymekanismin selvittäminen, jotta saadaan varmuus onko vaurio kantavuutta vaarantava
- rakenneosan tarkastus vaatii erikoismenetelmiä (vedenalaisten rakenteiden tarkastus sukeltamalla ja/ tai kaikuluotaamalla)

4.7.3 Erikoistarkastuksen toteutus

Vaurion syyn selvittäminen voi yleistarkastuksessa olla usein vaikeaa, koska tarkastus on silmämääräinen. Syy on kuitenkin arvioitava, koska se on tärkeä tieto oikeiden korjausmenetelmien valinnassa. Tarpeen mukaan yleistarkastaja voi ehdottaa, tarkastuksen yhteydessä, tarkemman vauriokohtaisen erikoistarkastuksen teettämistä (2).

Erikoistarkastukset suunnitellaan kohdekohtaisesti saatavilla olevien lähtötietojen ja mahdollisen kohdekäynnin perusteella. Tarkastuksen suunnitteluvaiheessa selvitetään mm. mitä erikoisasiantuntemusta erikoistarkastuksen suorittaminen vaatii, mitkä ovat ne menetelmät joita mahdollisesti käytetään ja miten tarkastus käytännössä suoritetaan.

Erikoistarkastuksessa on tärkeää, että vaurion syy saadaan selville. Tutkimukset pyritään tekemään ainetta rikkomattomilla menetelmillä, mutta varsinkin betonirakenteista joudutaan poraamaan näytteitä, jotta säilyvyyteen vaikuttavista tekijöistä saadaan riittävä käsitys.

Työtä varten laaditaan tutkimussuunnitelma.

Erikoistarkastuksiin sisältyy erilaisia tutkimusmenetelmiä, joita erikseen ja yhdessä tulkitsemalla saadaan tietty arvio rakenteen kunnosta. Erikoistarkastuksissa käytettyjä tutkimusmenetelmiä ovat mm.

- betonipeitteiden mittauss
- betonin karbonatisoitumisen määrittys
- betonin kloridipitoisuuden määrittys
- potentiaalimittaus
- teräsrakenteiden pinnoitepaksuuden mittaus
- rakenteiden muodonmuutosten ja liikkeen seuraaminen mittauksin ja mahdollisesti koekuormituksin
- rakenteiden lujuus-, jännitystila- ja materiaaliominaisuuksien tutkiminen

Jokaisesta erikoistarkastuksesta laaditaan kirjallinen tarkastusraportti, johon liitetään valokuvat, tutkimusraportit ja muut tarkastuksen yhteydessä laaditut asiakirjat tarpeellisessa laajuudessa. Koko rakennetta käsittävään tarkastusraporttiin tulee sisältyä ehdotus tarvittavista toimenpiteistä ja niiden ajoituksesta sekä kustannusennuste, ellei erikseen muuta työn alussa sovita. Raportti on päivittävä ja allekirjoitettava.

Tiesiltojen osalta noudatetaan toimeksiantoissa ohjetta Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset (4), jota voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden taitorakenteiden erikoistarkastusten määrittämiseen. Rautatiesiltojen osalta ohjeita on annettu ohjeessa RATO 8. Yksittäisten erikseen määritettyjen erikoistarkastusten osalta noudatetaan ko. ohjeita soveltuvin osin.

4.8 Tehostettu tarkkailu

4.8.1 Yleistä

Tehostetun tarkkailun tarkoituksena on mahdollistaa rakenteen tai sen osan laskennallisen kantavuuden ylittäminen. Tehostettua tarkkailua voidaan käyttää myös seurataessa tietyn tyyppisen vaurion etenemistä ja sen varmistamista, että vaurio ei kehity niin pitkälle, että liikenne- tai käyttöturvallisuus vaarantuisi. Tehostetun tarkkailun tavoitteena on määrittää rakenteen *kunnon muutos aikayksikköä* kohti. Tarkastuksessa kiinnitetään päähuomio kantavuuteen vaikuttaviin seikkoihin ja erityisesti tarkkailuun johtaneeseen syyhyn. Näin ollen tarkastus keskittyy yleensä muodonmuutosten, halkeamien, murtumien ja syöpymien tarkkailuun.

Tehostettua tarkkailua käytetään useimmiten niissä tapauksissa, jolloin rakenne tai sen osa kulutetaan loppuun. Tällöin rakenteen käyttöikä lyhenee, mutta hyötykuorman lisäyksen kautta voidaan saavuttaa paras mahdollinen kansantaloudellinen hyöty. Silta asetetaan tehostettuun tarkkailuun esimerkiksi silloin, jos painorajoitus poistetaan vahventamatta rakennetta. Tehostettua tarkkailua käytetään muulloinkin, esi-

merkiksi vaurioiden vaikuttaessa rakenteen kantavuuteen ja rakenteen kunnon huonontuessa kriittiseksi.

Rakenne asetetaan tehostettuun tarkkailuun rakenteen omistajan ja/ tai ylläpitäjän päätöksellä. Tarkkailuun johtavasta syystä riippuen päätöksen perustana voi olla yleistarkastus tai erikoistarkastus ja mahdolliset laskennalliset tarkastelut.

Tehostettua tarkkailua voidaan suorittaa myös monitoroimalla rakennetta, jolloin rakenteeseen asennetaan kiinteät mittalaitteet/ anturit. Anturit ja/ tai mittalaitteet mitaavat määritettyjä ominaisuuksia (jännitys, siirtymä, värähtely) tietyn aikajakson välein ja ilmoittavat tarvittaessa kriittisen raja-arvon ylittävistä mittaustuloksista automaattisesti (katso kappale 6.8).

4.8.2 Suunnittelu ja toteutus

Tehostettu tarkkailu pitää suunnitella ja ohjeistaa selkeästi. Tarkkailutarpeen syntymiseen vaikuttavat vauriot tai tekijät on tuotava toimeksiannossa selkeästi esiin. Työ on ohjeistettava siten, että tarkkaillaan oikeaa asiaa, oikeilla menetelmillä ja riittävällä tarkkuudella.

Tehostetun tarkkailutoimeksiannon määrittämisessä mm. seuraavat asiat/ asiakirjat on selvitettävä:

- taitorakenteen perustiedot
- taitorakenteen suunnitelmapiiirustukset ja jos niitä ei ole niin arvio rakenteesta
- taitorakenteen kunto- ja vauriotiedot
- tehostetun tarkkailun syy (kantavuuden ylitys, siirtymät, halkeamat...) ja niihin liittyvät valokuvat
- tehostetun tarkkailun suorittaminen (mitä tarkkaillaan, millä aikaväleillä)
- tarkkailusta ja rakenteesta raportointi (mitä raportoidaan ja milloin)

Tehostetun tarkkailun osalta on jo etukäteen suunniteltava ne toimenpiteet mihin ryhdytään, jos tehostetussa tarkkailussa havaitaan kriittisiä vauriotekijöitä, jotka ylittävät annetut tarkkailun raja-arvot.



Kuva 42. Mittalaitteita, DMM- taipuma- anturi sillan alapinnassa

Kun peräkkäisiä tarkastustuloksia verrataan toisiinsa, voidaan päätyä seuraavanlaisiin johtopäätöksiin ja toimenpiteisiin:

- 1 Taitorakenteen vaurion tai muodonmuutoksen eteneminen kiihtyy. Tällainen vaurio on hälyttävä ja se vaatii nopeita toimenpiteitä sekä tarvittaessa uusia liikennerajoituksia. Vaurioituneen rakenteen korjaamista tai uusimista on kiirehdittävä.
- 2 Taitorakenteen vaurion tai muodonmuutoksen eteneminen hidastuu tai pysähtyy johonkin raja-arvoon. Tällainen vaurio ei välttämättä vaadi mitään toimenpiteitä. Rakenne voidaan ottaa toimenpideohjelmiin ja tarkkailua mahdollisesti harvennetaan.
- 3 Alkutilanteeseen nähden ei tapahdu muutoksia. Tällainen vaurio ei aiheuta mitään erityisiä toimenpiteitä. Tarkastusvälejä voidaan pidentää tai luopua tehostetusta tarkkailusta kokonaan, kuitenkin aikaisintaan kolmen vuoden kuluttua.

Liitteessä 5 on lomake taitorakenteiden tehostetun tarkkailun havaintojen kirjaamiseen.

5 Tarkastustoiminta

5.1 Tarkastajien pätevyyydet

Taitorakenteiden tarkastustoiminnan osalta on tarkastajien ammatilliset pätevyysvaatimukset esitetty liitteessä 2. Pääsääntöisesti vuosi-, yleis- ja erikoistarkastuksia tekevien henkilöiden tulee olla suorittanut hyväksytysti Liikenneviraston taitorakenteiden tarkastajakurssin ja/ tai täyttää erikseen mainitut pätevyysvaatimukset.

5.2 Tarkastustyö

5.2.1 Yleistä

Tarkastuksia suorittaville henkilöillä on oltava mukanaan yksilöivä kuvallinen tunnistus (henkilökortti). Henkilökortissa tulee olla vähintään seuraavat tiedot:

- yrityksen nimi
- yrityksen y- tunnus
- työntekijän nimi
- työntekijän veronumero
- ja työskennellessä rautatiealueella voimassa oleva ratatyöturvallisuuspätevyys (TURVA) merkittynä Turva-tarralla

Tarkastuksia suorittavien henkilöiden on käytettävä CE merkittyä, standardin SFS-EN 471 suojausluokan 2 mukaista varoitusvaatetusta. Liikenteenohjaajalla on oltava suojausluokan 3 varoitusvaatetus.

Tarkastuksia suorittavilla henkilöillä on oltava käytössä tarkastustoiminnan suorittamisen kannalta asianmukaiset henkilösuojaimet.

5.2.2 Työskentely tiealueella

Kaikkien liikennöidyllä tiellä työskentelevien henkilöiden on suoritettava Liikenneviraston liikenneturvallisuuskoulutukseen kuuluva Tieturva 1 -kurssi. Liikennejärjestelyistä ja työturvallisuudesta vastaavien ja liikenteen järjestelyjen suunnittelutehtävissä työskentelevien henkilöiden on lisäksi suoritettava Tieturva 2 -kurssi.

Tarkastustoiminnan vaikuttaessa tieliikenteeseen siten, että on tarpeellista rajoittaa liikennettä tai ohjata sitä poikkeukselliselle reitille, täytyy kohteeseen laatia liikenteenohjaussuunnitelma. Suunnitelma hyväksytetään ennen tarkastuksen aloittamista alueen ELY- keskuksen vastaavalla henkilöllä.

5.2.3 Työskentely rautatien läheisyydessä

Turvallisuusohjeet työskentelystä rautatieympäristössä on esitetty Radanpidon turvallisuusohjeissa (TURO) (27). Sähköistetyllä rataosalla työskenneltäessä on noudatettava edellä mainitun ohjeen lisäksi ohjetta B 22 Sähkörataohjeet (28).

Kaikkiin rautatiealueella tapahtuviin töihin tarvitaan Liikenneviraston lupa. Rautatiealueella saavat liikkua vain rautatieympäristöön koulutetut, asianomaiset pätevydet omaavat henkilöt. Liikkuminen on sallittua ainoastaan työtehtävien niin edellyttäessä. Liikkuminen ja työskentely ratatyön suojaulottuman sisäpuolella ovat ratatyötä ja sallittu vain silloin, kun on lupa ratatyöhön.

Rautatiealueella tarkastusta tekeville henkilöiltä vaaditaan ratatyöturvallisuuspätevyys (Turva), mikä edellyttää osallistumista Liikenneviraston hyväksymän koulutusorganisaation järjestämään koulutukseen. Koulutus sisältää mm. seuraavat asiat (27):

- perustiedot rautatiejärjestelmästä
- perustiedot sähköradasta
- rautatiealueella liikkumisesta ja työskentelystä annetut määräykset ja ohjeet
- toiminta vaaratilanteissa

Tarkastajien tulee työn aikataulun ja toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa huolehtia, ettei rautatieliikenteen turvallinen ja esteetön kulku sillantarkastusten aikana vaarannu. Lisätietoa tarkastusten suorittamisesta rautatiealueella on esitetty liitteessä 3.



Kuva 43. Ylikulkusillan erikoistarkastus

5.2.4 Työskentely vesiväylien läheisyydessä

Tehtäessä tarkastustoimintaa vesiväylän läheisyydessä ja, kun on riski vedenvaraan joutumisesta, on tarkastuksissa käytettävä pelastusliiviä. Tarvittaessa on myös käytettävä riittävää putoamissuojausta.

Tehtäessä tarkastustoimintaa laiturin kansirakenteen alla on tarkastajan lisäksi koh-
teessa oltava turvahenkilö, joka varoittaa laiturin alla työskentelevää tarkastajaa lai-
turipaikan veneliikenteestä, laivaliikenteen aiheuttamista suurista aalloista yms. vaa-
ratilanteista (17).

Sukellustarkastusten osalta on tarkemmat ohjeet esitetty Sukellustarkastusohjeessa
(6). Ko. ohjeen laatimisen jälkeen voimaan tulleet lait ja asetukset on huomioitava
sukellustarkastusten turvallisuus- ja työsuunnittelussa sekä toteutuksessa.

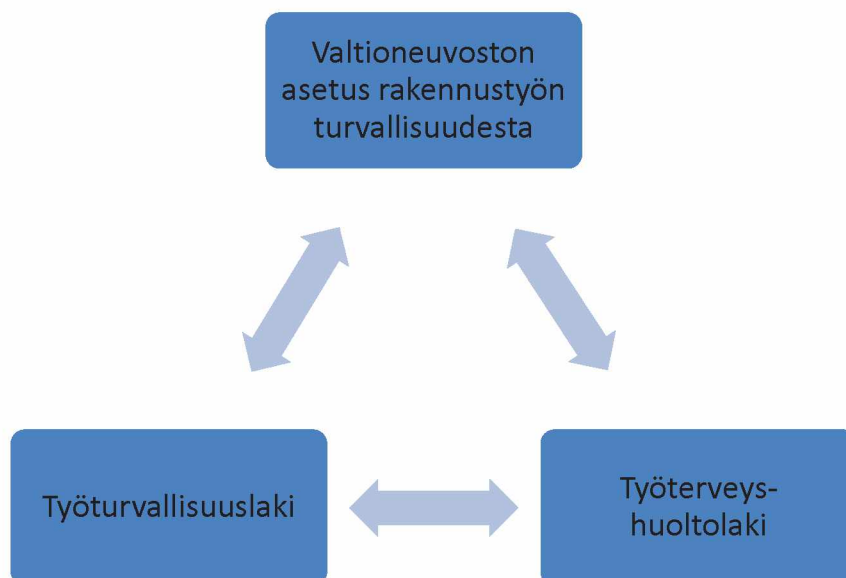
5.3 Tarkastustoiminnan työturvallisuus

5.3.1 Yleistä

Kaikkien tarkastusten työturvallisuusasioissa ja suorittamisessa on noudatettava la-
kien ja asetusten ja muiden viranomaismääräysten vaatimuksia ja ohjeita. Työturvalli-
suuden osalta on työn suorittamisen lait ja määräykset esitetty mm. Työturvallisuus-
laissa [23.8.2002/738] sekä Työterveyshuoltolaissa [21.12.2001/1383]. Laeissa on
esitetty työnantajan vastuut ja velvollisuudet sekä työntekijän oikeudet ja velvollisuudet.

Liikenneviraston ohjeen ”Turvallisuuksääntöjen, menettelyohjeiden ja turvallisuusoh-
jeiden laadinta”- mukaisesti taitorakenteiden tarkastustoiminta ei ole turvallisuus-
mielessä rakentamista. Tällöin noudatetaan tarkastustoiminnassa työturvalli-
suuslain (738/2002) vaatimuksia sekä kyseisen Liikenneviraston ohjeen menettelyjä.
Näissä tapauksissa tarkastustoiminnan tilaajan on laadittava turvallisuusohjeet toi-
meksiannon yhteydessä.

Taitorakenteiden tarkastuksen liittyessä rakennustyöhön ja tiettyyn työmaahan on
silloin myös tarkastustoiminnassa noudatettava voimassa olevaa Valtioneuvoston
asetusta rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205 [Ohjeita myös SILKO- ohjeessa
1.111].



Kuva 44.

Työn- ja rakennustyön suorittamista koskeva lainsäädäntö

6 Tarkastusmenetelmät

6.1 Tarkastusmenetelmät tarkastustyypeittäin

Tarkastusmenetelmät tarkastustyypeittäin vaihtelevat. Kaikissa tarkastuksissa on kuitenkin pääsääntöisesti tärkein tarkastusmenetelmä näköhavainnot, joita sitten tarkennetaan erilaisin mittauksin ja tutkimuksin riippuen tarkastustyypistä.

Kaikissa tarkastuksissa on oleellista, että pyritään mahdollisuuksien mukaan arvioimaan havaitun vaurion syy. Vaurion syyn selvittäminen ja arvioiminen on ensiarvoisen tärkeää tehtäessä päätöksiä taitorakenteeseen kohdistuvista toimenpiteistä.

Taitorakenteiden tarkastuksissa käytettäviä perusmenetelmiä ovat:

- näköhavainnot (ks. luku 6.2)
- rakenteiden mittaukset (ks. luku 6.3)
- pintatestaus (ks. luku 6.6)
- näytteiden otto ja laboratoriokokeet (ks. luku 6.7)

Tarkastukset aloitetaan tekemällä näköhavainnoja, joiden perusteella päätetään muiden menetelmien käytöstä niin, että vältetään tarpeetonta rakenteiden rikkomista.

Sillan **vastaanottotarkastuksessa** käytetään pääasiassa näköhavainnoja ja mittauksia, mutta poikkeuksellisesti voidaan joutua käyttämään muitakin menetelmiä kuten betonipeitemittausta.

Vuositarkastus tehdään silmämääräisesti.

Yleistarkastukset tehdään näköhavainnoin ja mittauksin erillisten tarkastuskäsikirjojen mukaisesti. Soveltuvien osien voidaan ko. käsikirjojen ohjeistusta käyttää muiden taitorakenteiden tarkastamiseen. Yleistarkastajalla on syytä olla mukana tietty perusvälineistö ja laitteisto, joiden avulla näköhavaintojen tekemistä vahvistetaan ja saadaan tarpeellista lisätietoa rakenteesta tai sen osasta. Yleistarkastajalla pitäisi olla mukanaan vähintään seuraava välineistö:

- taitorakennekohtaiset tarkastuslomakkeet ja käsikirjat ja/ tai tämä tarkastusohje
- muistiinpanovälineet ja taskulaskin
- riittävän valovoimainen digitaalinen kamera
- mittanauha (≥ 3 m)
- kiikari
- pajavasara tai muurarinvasara ja pieni vasara
- teräspiikki tai ruuvimeisseli ja puukko
- mitta-asteikolla varustettu suurennuslasi (luuppi)
- turvaköysi tai turvavaljaat
- taskulamppu ja varoitusvilkku
- varoitusvaate (CE- merkitty, suojausluokka 2)
- kypärä ja muut asianmukaiset henkilösuojaimet (kuulo ja silmäsuojaimet)
- haalarit ja kumisaappaat (tarvittaessa turvajalkineet)

Muita suositeltavia mukana pidettäviä laitteita ovat:

- etäisyysmittari (laser)
- sähkömagneettinen pinnotepaksuusmittari



Kuva 46. Yleistarkastuksen välineitä: a) varoitusvilkku ja taskulamppu, b) turvaköysi, vasara ja puukko, c) kiikarit, mittanauha ja luuppi, d) teräspiikki, e) kypärä ja varoitusvaate

Erikoistarkastuksessa on kysymys erikoisasiantuntemusta vaativasta selvityksestä, jolloin tarkastus tehdään erikoislaitteilla ja rakenteista otettujen näytteiden avulla laboratoriossa tai suoraan kohteessa käytettävillä kalibroiduilla ja hyväksytyillä mittalaitteilla.

Erikoistarkastuksessa tarvitaan yleistarkastuksen lisäksi pääsääntöisesti ainakin seuraavat, valmistajan ohjeiden mukaan kalibroidut, tutkimuslaitteet:

- betonipeitemittari
- kimmovasara
- potentiaalimittari
- lieriö- ja iskuporakone terineen
- betonin kosteusmittari
- ilman lämpötila- ja kosteusmittari
- vedenkestäviä väriliitujä/-tusseja (eri värejä)
- kasvukaira

Liikennejärjestelyt

- liikennemerkkit
- keilat
- suoja-aidat
- suoja-autot

Tehostetussa tarkkailussa käytetään mittauksia ja näköhavaintoja. Tehtävät mittaukset ja laitteistot määritetään tarkkailun suunnitteluvaiheessa.

6.2 Näköhavainnot

Taitorakenteiden tarkastaminen ja vaurioiden ja vikojen havainnointi tehdään pääsääntöisesti silmämääräisiin havaintoihin perustuen. Tarkemmilla tutkimusmenetelmillä voidaan havainnoida asioita mitä ei nähdä, mutta tarve tarkempien tutkimusten tekemiseen selviää näköhavaintojen perusteella. Tarkempia tutkimusmenetelmiä ei useinkaan ole syytä käyttää, jos ei silmämääräisen tarkastuksen perusteella ole aiheita epäillä rakenteessa olevan vaurioita.

Taitorakenteen silmämääräinen tarkastaminen perustuu koko rakenteen tarkastelemiseen, rakenneosien tarkastelemiseen sekä yksittäisten vaurioiden tarkastelemiseen. Tarkastelemalla koko rakennetta voidaan havaita normaalista poikkeavat muodonmuutokset ja siirtymät koko rakenteessa. Rakenneosakohtaisessa tarkastelussa voidaan myös muodonmuutosten perusteella arvioida vaurioita. Rakenneosakohtaisessa tarkastelussa myös yksittäisten vauriomekanismien aiheuttamat vauriot rakenneosakokonaisuudelle tulevat esiin. Yksittäisen vaurion tarkastelu antaa tarkastajalle mahdollisesti jo tarkempaa informaatiota vaurion vakavuudesta, sen seurauksista ja mahdollisesti syntyvästä.

Esimerkiksi taitorakenteeseen liittyvän kaiteen/ johteen epäjatkuvuus saattaa viitata siirtymiin myös rakenteessa. Lähempää tarkasteltuna mahdollisesti havaitaan rakenneosan siirtymä ja siitä aiheutunut halkeama kriittisessä poikkileikkauksessa. Halkeaman vierustan ruoste jäljet paljastavat raudoituksen olevan korroosiotilassa. Tarkastelemalla koko päättelyketjua on mahdollista päästä selville vaurion aiheuttajasta tai syntymekanismista.

Tarkastajan apuvälineinä, näköhavaintojen osalta, ovat kiikarit ja kamera (ja mahdollisesti videokamera). Kiikareilla kaukana olevien tai pienten vaurioiden tarkastelu helpottuu ja kameralla tallennettuja kuvia voi jälkikäteen selata ja palauttaa mieleen kaikki havainnot. Videokameran käyttö esim. erikoistarkastuksen yhteydessä antaa mahdollisuuden myös dokumentoida näkyvät havainnot puheen avulla ja käyttää tallennettua tietoa raportin laatimisvaiheessa.

6.3 Rakenteiden mittaus

6.3.1 Yleistä

Näköhavaintoja voidaan täydentää tekemällä taitorakenteesta tai sen osasta erilaisia mittauksia.

Mittauksilla täydennetään näköhavaintoja. Siirtymien ja muodonmuutosten tarkka seuranta voi perustua vain mittauksiin. Mittaukset on tehtävä huolellisesti mittauksiin perehtyneiden työntekijöiden toimesta. Kojeet on tarkistettava ja kalibroitava kojeen valmistajan ohjeiden mukaan.

Nykyaikainen mittaustekniikka mahdollistaa myös rakenteissa tapahtuvien muutosten jatkuvan seurannan eli tarkkailtavien mittasuureiden jatkuvan luvun ja tallentamisen rakenteen pysyvän instrumentoinnin ja monitoroinnin avulla (ks. luku 6.8).

Laajemmista töistä on laadittava mittaussuunnitelma. Kaikki mittaustulokset on esitettävä yksikäsitteisesti ja mahdollisimman havainnollisesti.

6.3.2 Tarkkailupisteet

Taitorakenteen muodonmuutosten ja siirtymien mittausta varten tarvitaan rakenteeseen tarkkailupisteet, joiden liikettä seurataan suhteessa rakenteen ympäristön kiinteisiin kiintopisteisiin nähden tai tarkkailupisteiden sijainti tarkistetaan kiintopisteiden avulla sijaintiinsa määritetyn mittalaitteen avulla.

Kiintopisteiden on oltava luotettavia (Maanmittauslaitoksen pisteet mahdollisuuksien mukaan) pisteitä. Tarvittaessa tehdään kohteeseen erilliset kiintopisteet, jotka kiinnitetään liikkumattomaan perusaineeseen (kallio).

Uusiin betonirakenteisiin asennetaan InfraRYLin kohdan 42001.5.3 mukaisesti tarkkailutapit sillan ja sen osien muodon, sijainnin ja mahdollisten siirtymien tarkkailua varten. Tapit ovat ruostumattomasta teräksestä tehtyjä halkaisijaltaan 10 mm olevia tappeja ja ne sijoitetaan siltaan InfraRYLin mukaisesti. Teräs- ja puurakenteisiin tehdään samaa tarkoitusta varten pysyvät mittapisteet (21).

Rakennustyön lopussa, rakenteen valmistuttua mitataan rakenneosien pisteiden koordinaatit mittaussuunnitelman mukaisesti. Niiden taitorakenteiden osalta, joissa kyseiset tarkkailupisteet on asennettu, voidaan siirtymiä verrata alkutilanteen mittaustuloksista lähtien.

Niissä taitorakenteissa, joista ei aiempaa mittaustietoa tai tarkkailupisteitä ole, joudutaan mittaukset ja tarkkailupisteet toteuttamaan jälkikäteen. Taitorakenteeseen asennetaan tarkkailupisteet, mikäli tarve siirtymien mittaamiseen ilmenee. Ennen mittauksia määritetään se mitä halutaan mitata ja siltä pohjalta laaditaan mittaussuunnitelma, joka sisältää ohjeet tarkkailupisteiden asentamisesta ja mittauksen varsinaisesta suorittamisesta.

6.3.3 Pituuden mittaus

Tarkastuksissa yleisimmin käytettäviä pituudenmittausvälineitä ovat:

- erilaiset mittanauhut (≤ 50 m)
- laseretäisyysmittari (≤ 100 m)
- teleskooppimitta sillan aukkojen mittaamiseen (≤ 5 m)

Sähköistetyillä radoilla ei saa käyttää sähköä johtavaa mittanauhaa tai teleskooppimittaa.

Mittanauhaa käytetään, kun tarkistetaan rakenteiden mittoja sekä esim. sillan liikeneiteknillisen poikkileikkauksen tai vesiaukon mittoja. Näissä mittauksissa on mittaustarkkuus ± 10 mm. Mittanauhan jännittimen käyttö ei näissä mittauksissa ole tarpeen. Mittauksia voidaan joissain tapauksissa helpottaa luotilangan avulla.

Laseretäisyysmittarin mittatarkkuus on laitteesta ja mitattavasta matkasta riippuen luokka $\pm 1\text{--}2\text{ mm}$ ja se on erittäin nopea ja helppokäyttöinen laite, jonka avulla mittaus voidaan suorittaa nopeasti ja tarkasti huolimatta liikenteestä mittaushetkellä.

6.3.4 Saumojen ja halkeamien leveyden mittaus

Saumojen ja muiden alle 200 mm leveiden rakojen, kolojen, syvennysten ja reikien mittaamiseen voidaan käyttää työntömittaa. Työntömitan tarkkuus on n. 0,1 mm, riippuen laitteesta. Digitaalisilla työntömitoilla huomataan tarkkuuden olevan jopa sadasosamillin luokkaa, tosin kyseisen tarkkuuden hyödyntäminen ei taitorakenteissa ole pääsääntöisesti tarpeen.

Taitorakenteissa olevien halkeamien ja saumojen leveyksiä (alle 20 mm, riippuen luupista) voidaan mitata mitta-asteikolla varustetulla suurennuslasilla, eli luupilla tai erilaisilla halkeamaliuskoilla. Luupin tarkkuus riippuu sen mitta-asteikon tarkkuudesta ollen mahdollisesti 0,1 mm.

Halkeamanleveyden muutosta ja saumanliikkeitä voidaan seurata tarkasti deformetrillä (lukemataarkkuus $\pm 1,6 \times 10^{-3}\text{ mm}$), joka mittaa liikettä mitattavan sauman molemmin puolin kiinnitettyjen kiinteiden pisteiden välillä.

Halkeamien ja saumojen liikkeitä voidaan havainnoida myös ohuen lasilevyn avulla, joka liimataan kiinni sauman molemmille puolille. Levyn halkeama kertoo saumassa tapahtuneen liikettä, mutta liikkeen suuruudesta ei saada käsitystä.

6.4 Optiset kojeelliset mittausmenetelmät

6.4.1 Vaaitus

Rakenteiden painumista, taipumista tai kallistumista seurataan vaaituskojeella tehtävien korkeushavaintojen avulla. Vaaituksessa on suositeltavaa käyttää mikrometrillä varustettua tarkkavaaituskojetta. Vaaituslatassa on oltava rasiatasain. Vaaituksen mittauksentarkkuus on $\pm 1\text{ mm}$. Riippujänteitä mitattaessa mittauksentarkkuus on kuitenkin $\pm 5\text{ mm}$.

6.4.2 Täkymetrimittaus

Täkymetri on teodoliitista kehitetty elektro-optinen mittauskoje, jossa kulmanmuutoksen sekä etäisyydenmittauksen lisäksi on yhdistetty tietokone laskentaa ja tietojen tallennusta varten. Täkymetrillä voidaan mitata tarkkailupisteen koordinaatit ja tarvittaessa laskea mm. eri tarkkailupisteen väliset etäisyydet. Mittauksentarkkuus etäisyydenmittauksessa on täkymetreillä jopa $\pm 0,5\text{ mm}$ riippuen laitteesta, mittausetäisyydestä ja olosuhteista.

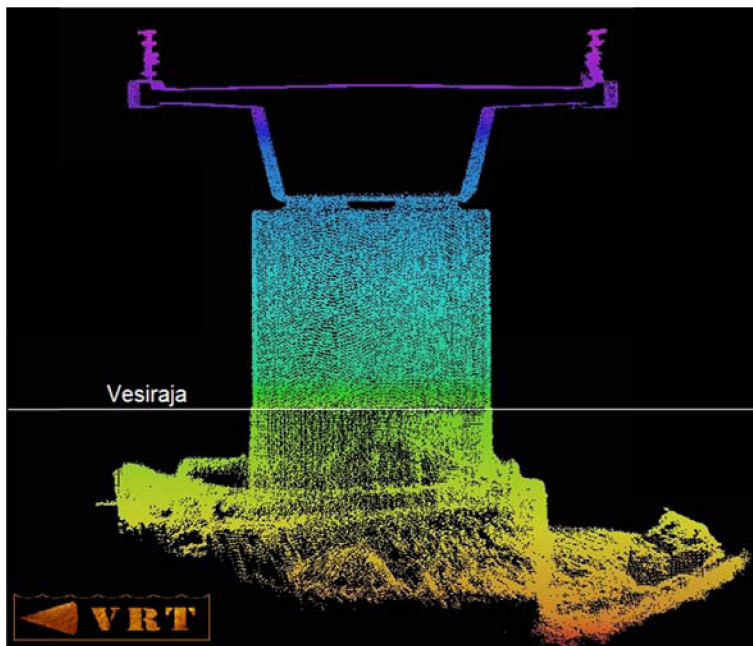
Mikäli halutaan mitata koordinaatteja, täkymetri voidaan joko sijoittaa tunnetulle asemapistelle, jonka koordinaatit (X, Y, korkeusmittauksia haluttaessa myös Z) tunnetaan, tai ns. vapaalle asemapistelle, jolloin laite laskee tunnettujen kiintopisteiden avulla oman sijaintinsa (tarvitaan vähintään kaksi pistettä, jotka eivät sijaitse suorassa linjassa toisiinsa tai täkymetriin nähden ja joiden koordinaatit tunnetaan).

6.4.3 Laserkeilaus

Laserkeilaus on tutkimusmenetelmä, jolla rakenteen (tai maaston) muoto ja sijainti voidaan kartoittaa lasersäteiden avulla mittaamalla mittalaitteen ja rakenteen välille lähetetyn laser-säteen etenemää. Useasta mittauspisteestä mittaustulokset yhdistämällä saadaan muodostettua pistepilvi, jonka avulla rakenne saadaan mallinnettua kolmiulotteisesti. Eri aikana samasta rakenteesta tehtyjen laserkeilausten perusteella voidaan mallinnettuja rakenteita vertaamalla saada selville esim. rakenteiden siirtymät.

Käytössä olevat laserkeilausmenetelmät ovat:

- kaukokartoituslaserkeilaimet, joita käytetään lentokoneista tai helikoptereista. Mittausetäisyys näissä laitteissa on 0,1–100 km ja mitatun pisteen tarkkuus on joitakin senttimetrejä (tyypillisesti >10 cm);
- maalaserkeilaimet (terrestriaaliset laserkeilaimet), joita käytetään mittausetäisyyksillä 1–300 m ja joissa mittaustarkkuus on alle 2 cm;
- teollisuuslaserkeilaimet, joilla mitataan pieniä kohteita alle millimetrin tarkkuudella ja alle 30 m:n etäisyydeltä



Kuva 47. Vesistösilan 3D pistepilvi, yläosa laserkeilattu ja vedenalaiset osat kartoitettu skannaavalla kaikuluotaimella)

6.5 Muut mittaukset

6.5.1 Siltarakenteet

Siltarakenteiden tukien kallistumista voidaan seurata mittaamalla rullalaakerien asennot eri aikoina. Laakerit on asennettu siten, että niiden salpalevyjen pitäisi olla pystysuorassa, kun siltaa kuormittaa pelkkä oma paino ja lämpötila on ± 0 °C. Salpalevyn asento mitataan ylälaatan siirtymänä alalaattaan nähden. Mittauksia on tehtävä useammasta laakerista, jos laakereiden asennot poikkeavat suuresti toisistaan. Tällöin on pyrittävä selvittämään onko kyseessä asennusvirhe vai tuen kiertymä.

Kumilevylaakerin liike mitataan laakerin yläpinnan siirtymisenä laakerin alapintaan nähden. Kumipesä- ja kalottilaakerissa on asteikko, josta siirtymä on luettavissa millimetreinä.

6.5.2 Taitorakenteet yleensä

Rakenteessa lämpöliikkeiden suhteen vallitseva lämpötila on määritettävä mahdollisimman tarkoin mittaamalla ilman ja rakenneosien lämpötiloja. Lämpöliikkeen suuruus saadaan kertomalla tarkasteltavan, liikkuvan pisteen etäisyys kiinteästä laakerista tai muusta liikkumattomasta rakenteen kohdasta lämpötilalla ja rakenteen lämpölaajenemiskertoimella (betoni $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; teräs $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Kaikkien rakenteisiin kiinnitettyjen pulttien/ ruuvien, joiden kireydelle on asetettu vaatimuksia, kireyksien mittaukset tehdään määräjain momenttiavaimella.

Taitorakenteiden kosteus- ja lämpötilamittaukset tehdään tarvittaessa erilaisilla antureilla varustetuilla mittareilla.

Rakenteissa tapahtuvia liikkeitä voidaan seurata rakenteisiin kiinnitettävien merkkien avulla, esim. sauman yli vastaaville kohdille asennettujen metalliliuskojen suhteellista sijaintimuutosta seuraamalla.

6.6 Pintatestaus

Näköhavaintoja voidaan mittausten lisäksi täydentää ainetta rikkomattomilla pintatestausmenetelmillä. Pintatestausmenetelmillä saadaan näköhavaintoja tukevia tuloksia rakenteen rakenneosan vauriosta tai itse rakenteesta. Pintatestauksella on myös mahdollista rajata alueita tarkempaa tutkimusta varten.

Pintatestausmenetelmiä ovat mm:

- iskukukoe
- kimmovasaramittaus
- betonipeitemittaus
- pinnoitteen paksuuden mittaus

Iskukoe on yleisin pintatestausmenetelmä. Iskukokeessa rakenteeseen muurarin- tai pajavasarella isketty isku aiheuttaa äänen, jonka perusteella voidaan paikallistaa rakenteen epäilyttävät kohdat.

Iskukokeella saadaan selville:

- pintakerroksen tartunta alustaan
- irtonaisten betoniosien sijainti
- teräsrakenteiden säröt
- puurakenteiden lahot kohdat
- lähellä pintaa olevat onkalot

6.6.1 Betonirakenteet

Magneettisella betonipeitemittarilla saadaan riittävällä tarkkuudella selville suojaavan betonipeitteen lisäksi raudoitustangon sijainti rakenteen pinnan suunnassa, kun tanko on alle 100 mm:n syvyydessä.

Betonipeitemittari kalibroidaan mittausta aloitettaessa tarkistamalla betonipeitteen paksuus mitattuun kohtaan poratusta tai piikatusta reiästä. Peitekerrosmittarin antamat tulokset ovat epävarmoja hyvin tiheästi raudoitetuissa kohdissa.

Kimmovasaran käyttö edellyttää, että betonipinta hiotaan ja pinnan kosteustila vakioidaan ennen mittausta pitämällä pinta kosteana 15 minuutin ajan. Mittaus tehdään eri ohjeen (29) mukaan.

Kimmovasaran mittaustuloksia ei ole syytä käyttää sellaisenaan rakenteen lujuuden määrittämiseen. Rakenteen kantavuuden laskentaa varten on puristuslujuus selvitetävä testaamalla rakenteesta poratut lieriöt laboratoriossa. Kimmovasaramittauksilla voidaan tehdä havaintoja betonin lujuusvaihteluista rakenteen eri osissa.

Betonin pinnoitteen paksuus voidaan mitata tarkasti mikrometrillä, mittakellolla tai mikroskoopilla. Tällöin pinnoite rikkoutuu, joten menetelmät eivät ole ainetta rikkomattomia.

6.6.2 Teräsrakenteet

Niitattujen teräsrakenteiden niittien kiinnitys on syytä tarkistaa aika ajoin kevyellä vasaralla (noin 350 g) koputtelemalla. Murtunutta tai löystynyttä niittiä iskemällä antaa isku vastakkaisen puolen kantaa vasten painetulle sormelle selvän tärähdyksen tai kopautuksen antama ääni on erilainen kuin kiinteän niitin kyseessä ollen.

Teräsrakenteen pinnoitteen paksuus mitataan yleensä sähkömagneettisella menetelmällä. Kuivan kalvon paksuuden mittauslaite on kalibroitava aina ennen käyttöä laitteen valmistajan antamien ohjeiden mukaan. Käytön aikana kalibrointi on tarkistettava, jos mittaustuloksissa havaitaan poikkeuksellisuutta. Lähellä reunaa tai sisäpuolista nurkkaa tehtävät mittaukset eivät ole päteviä, ellei laitetta ole kalibroitu tällaista mittausta varten.

Muut teräsrakenteiden pintatestausmenetelmät ovat luonteeltaan erikoistutkimuksia.

6.6.3 Puurakenteet

Puurakenteiden lahovikoja etsitään vasaralla koputtelemalla. Epäilyttävät kohdat tutkitaan tarkemmin piikillä, puukolla tai taltalla pistelemällä.

6.7 Erikoistutkimukset

6.7.1 Yleistä

Erialaisten erikoistutkimusmenetelmien käyttö on keskeistä erikoistarkastuksessa. Erikoistarkastukseen liitetään silmämääräisen tarkastuksen lisäksi sekä ainetta rikkomattomien tutkimusmenetelmien käyttöä kohteessa että rakenteesta otettujen näytteiden laboratoriotutkimuksia. Erikoistutkimuksia ovat myös rakenteiden koe-kuormitukset ja laskennalliset tarkastelut.

Erikoistutkimusten tekijöiden on oltava koulutettuja ja kokeneita kyseisen tutkimusmenetelmän asiantuntijoita. Tutkijoiden on ymmärrettävä rakenteen ominaisuuksien, ilmasto- ja kuormitusolosuhteiden sekä tutkimusmenetelmien riippuvuus toisistaan ja pystyttävä huomioimaan ne tulosten laadunvarmistamisessa ja johtopäätösten teossa.

Tutkimuksissa käytettävissä ainetta rikkovissa menetelmissä on näytteiden tarve harkittava huolellisesti. Näytteiden oton laboratoriotutkimuksineen on tuettava rakenteen tai rakenneosan kokonaisuuden muita tutkimuksia siten, että eri menetelmät täydentävät toisiaan ja saadaan mahdollisimman luotettava kuva rakenteen kunnosta.

Ainetta rikkovia menetelmiä käytettäessä on rakenteet avauksen ja näytteenoton jälkeen korjattava ja/tai paikattava siten, että näytteenotto ei vahingoita rakennetta haitallisesti. Paikatut näytteenottokohdat eivät saa myöskään synnyttää rakenteeseen epäjatkuvuuskohtia, jotka olisivat alkuperäistä rakennetta alttiimpia käytönaikaiselle vaurioitumiselle (rapautuminen, vesivuodot, korroosio yms.).

Taitorakenteiden tutkimuksiin on tullut viime vuosina "perinteisten" tutkimusmenetelmien lisäksi monia lähinnä ainetta rikkomattomia (NDT) tutkimusmenetelmiä, jotka antavat mahdollisuuden täydentää "perinteistä" erikoistutkimusta. Uusien menetelmien etuna on, että niillä saadaan analysoitua suurehkoja alueita huomattavan nopeasti. Tulosten tulkinta ja niiden varmuus on kuitenkin monesti hyvin haastavaa. Tekniikoiden kehittyessä ja kokemusten erilaisista tutkimusmenetelmistä karttuessa tuovat nämä menetelmät lisäarvoa perinteisille tutkimusmenetelmille.

6.7.2 Betonirakenteet

Betonirakenteiden erikoistutkimuksia voidaan suorittaa joko suoraan kohteessa tehtävillä tutkimuksilla tai kohteesta otetuista näytteistä laboratoriossa. Osa tutkimuksista on sen luonteisia, että ne voidaan suorittaa vain kohteessa.

Betonirakenteista näytteitä porattaessa tai muuten tutkimuksia varten rikotut betonirakenteet paikataan valumattomalla paikkausaineella, ellei rakenteen korjaustyö seuraavasti välittömästi. Paikkaus tehdään SILKO- ohjeen 2.231 mukaan.

Laboratoriotutkimusten etuna on niiden laatu. Tutkimustulokset ovat luotettavia ja kertovat näytteestä juuri kyseisen tutkittavan suureen. Kohteessa tehtävät tutkimukset ovat hyviä sen suhteen, että tulokset saadaan heti. Kenttätutkimuskaluston kehittyminen on nostanut kyseisten tutkimusten laadun hyvin korkealle, eikä eroja laboratoriotutkimuksiin nähden välttämättä juurikaan ole tiettyjen tutkimusmenetelmien osalta.

Betonirakenteista eri laitteilla ja laboratoriotesteillä selville saatavia asioita on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 3. Betonirakenteiden tutkimusmenetelmiä

TUTKIMUSMENETELMÄ		OMINAISUUS TAI VAURIO																						
		Mitat	Raudoituksen koko ja sijainti	Raudoituksen korroosio	Karbonatisoituminen	Kloridipitoisuus	Halkeilu	Kosteuspitoisuus	Pakkasenkestävyys	Huokoisuus ja läpäisevyys	Tartunta	Lujuus	Materiaalirakenne	Betonin laatu	Laadun vaihtelu	Kimmoisuus	Sementtityyppi	Irtoamat ja onkalot	Palovaurio	Kiviaineksen laatu	Kiviainesreaktiot	Sulfaattinkestävyys	Törmäysvaurio	
KOE TAI MITTAUS KOHTEESSA	Näköhavainnot	●	○	●		●	○		○			○			○			○	●	○	○	○	●	
	Mittaukset	●	○	○			●															○		
	Iskukoe (koputtelu)									○					○			●	●				○	
	Fenolftaleiini-koe			●	●																			
	Kloridipitoisuus			●		●																		
	Betonipeitemittaus		●																					
	Tartuntakoe										●			○					○					
	Ultraäänimittaus	○					○					○		○	●	○		●					○	
	Kimmoavasaramittaus											○		○				○	○					
	Potentiaalimittaus			●																				
	Ominaisvastusmittaus								○					○										
	Polarisaatiovastusmittaus			○																				
	Kosteusmittaus						●																	
	Läpäisevyysmittaus								●					○										
	Kuituoptiikka																	○	○				○	
	Kaiku-otus	○																	○					
	Laserkeilaus	●																	○					
	Röntgenkuvaus	○	○												●				○					
	Jännitysaaltomenetelmät	○	○				○						○		○				○					
	Pinnan kastelu ja valokuvaus						○																	
	Maatutkamittaus	○	○				○								○				○					
	Siltatutkaus	○	○				○								○				○					
	Lämpökamerakuvaus						○	○		○					○				○					
KOESTUS LABORATORIOSSA	Lieriöiden puristus ja halkaisu	○	○									●		●									●	
	Kemiallinen analyysi				●												○		○		●			
	Pintahieanalyysi					○		●																
	Ohuthieanalyysi				○	○		●	○			●	●				●		○	●	●			
	Laattakoe pakkassuolakokeena							●																
	Laattakoe pakkaskokeena							●																
	Kapillaarinen vedelläkylästyskoe							●	●															
	Muodonmuutoskoe															●						○		
Painekoe (vedenpitävyys)								●																

● Perusmenetelmä

○ Täydentävä menetelmä

● Perusmenetelmä
○ Täydentävä menetelmä

6.7.3 Kohteessa tehtävät erikoistutkimukset betonirakenteista

Tartuntavetomittauksella selvitetään betonipinnan riittävä lujuus korjausalustaksi ja eri materiaalien, kuten pinnoitteen, ruiskubetonin tai paikkauslaastin tartunta alustaan. Vetokoe ilmaisee myös pinnan suuntaiset pakkasvauriot. Luotettava vetokoe-tulos saadaan, kun ensin porataan lieriöporalla koekappale, josta tehdään veto-koekappaleet koestettavaksi laboratorioissa tai kohteessa erillisellä mittalaitteella.



Kuva 48. Tartuntavetomittaus rakenteesta irrotetusta näytteestä

Kosteusmittauksella selvitetään rakenteen kosteustila joko suhteellisena tai absoluuttisena kosteutena ilmaistuna. Absoluuttinen kosteus mitataan pintakosteusmittarilla tai kuivattamalla ja punnitsemalla rakenteesta irrotettu näyte.

Suhteellinen kosteus voidaan arvioida rakenteeseen porattuun reikään asennetun anturin ja siihen liitetyn mittarin avulla. Anturin ja porareian kosteuspitoisuuden on tasaannuttava riittävän kauan rakenteen kosteuteen eikä tutkimuskohta saa altistua sateelle. Mittaustulokset riippuvat rakenteen lämpötilan päivittäisistä vaihteluista, minkä johdosta mittaus vaatii sen tekijältä erityistä ammattitaitoa. Menetelmä on ulkobetonirakenteiden kosteuspitoisuuden mittaamisessa herkkä virheille ja tulosten luotettavuus on varmistettava.

Potentiaalimittauksella selvitetään raudoituksen korroosiotila ts. ne raudoituksen alueet, joissa korrosio on käynnissä. Mittaustuloksia käytetään hyväksi tarvittavien aineita rikkovien tutkimusten suunnitteluun.

Menetelmässä mitataan millivolttimittarilla raudoitustangon ja betonin pinnalle asetetun erityisen referenssielektroodin välinen jännite eli teräksen potentiaali suhteessa referenssielektroodin potentiaaliin. Siirrettäessä referenssielektroodia betonin pinnalla, potentiaali muuttuu sen mukaan, mikä on raudoituksen korroosiotila referenssielektroodin kohdalla.

Mittaustulokset arvostellaan ASTM-standardin C876-91 (1999) "Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel In Concrete" mukaisesti. Mittausta varten on saatava kontakti raudoitukseen, mikä yleensä edellyttää piikkausta. Uusiin siltoihin on asennettu potentiaalimittausta helpottavat kontaktitapit vuodesta 1992 lähtien.

Ominaisvastusmittauksen avulla voidaan tehdä epäsuoria arvioita raudoituksen korroosionopeudesta aktiivisilla korroosioalueilla. Arviointi perustuu sääntöön, että mitä pienempi on betonin vastus, sitä suurempi on korroosionopeus aktiivisilla alueilla. Mittaustuloksia arvostellaan tarkoitusta varten laaditun asteikon avulla.

Mittausmenetelmiä on useita. Kaikissa kenttäolosuhteissa käytettävissä menetelmissä on vähintään kaksi elektrodia, joista toinen voi olla raudoitustanko. Mittauksessa elektrodien välille asetetaan jännite, mitataan syntyvä virran muutos ja saadaan betonin ominaisvastus virran ja jännitteen muutosten suhteen avulla. On myös laitteita, joilla voidaan mitata sekä raudoituksen potentiaali sekä betonin ominaisvastus.

Raudoituksen korroosionopeus saadaan selville lineaariseen polarisaatiovastukseen tai galvanostaattiseen pulssitekniikkaan perustuvilla mittausmenetelmillä. Suomessa on käytetty eniten lineaariseen polarisaatiovastukseen perustuvaa menetelmää, joka perustuu standardiin ASTM G59-97 (2003) "Standard Test Method For Conducting Potentiodynamic Polarisation Resistance Measurements". Menetelmässä mitataan raudoituksen polarisaatiovastusta, joka pienenee teräksen pinnalla olevan rautaoksidien muodostaman passiivikalvon rikkouduttua. Menetelmää käytetään potentiaali- ja ominaisvastusmittauksia täydentävänä mittauksena.

Potentiaali-, ominaisvastus- ja polarisaatiomittauksia tehdään vain tilaajan kanssa erikseen sovittuina lisätutkimuksina tarveharkinnan perusteella, jos muiden tutkimusten ja silmämääräisten havaintojen mukaan korroosion esiintyminen on mahdollinen eikä raudoituksen korroosion vaurioluokka ole 3 tai 4 (tarkastuskäsikirjan mukainen vaurioluokitus) (4).

Gamma- tai röntgenkuvauksella saadaan selville raudoitustankojen koko ja sijainti sekä betonipeitteen paksuus. Röntgenlaitteiston tila- ja sijoitettavuus vaatimusten vuoksi ei tarkastusmenetelmä sovellu kaikkiin kohteisiin. Gammasäteilylaitteet ovat röntgenlaitteita edullisempia ja helpommin liikuteltavia, mutta toisaalta kuvanlaatu on huonompi ja säteilyltä suojautuminen vaikeampaa.

Jännitysaaltoihin/ värähtelyyn perustuvat menetelmät kuuluvat uusiin ainetta rikkomattomiin tutkimusmenetelmiin. Niissä rakenteen ominaisuuksia tutkitaan rakenteesta heijastuvien jännitysaaltojen perusteella. Tällä hetkellä käytössä on seuraavat menetelmät:

- Pulse Echo
- Impact Echo
- Impulse Response

Pulse Echo -menetelmä on betonirakenteiden kenttätutkimuksiin soveltuva uusi tutkimusmenetelmä. Menetelmällä voidaan tutkia:

- betonirakenteen paksuutta
- betonin tiivistämisen onnistumista
- jännekaapeleiden/-punosten suojaputkien injektoinnin onnistumista
- betonin halkeilua ja laminoitumista
- betonin laatua ja tasalaatuisuutta

Menetelmässä lähetin aiheuttaa lyhytaikaisen jännityssyökäksen rakenteen pinnalta. Rakenteeseen heijastuu jännitysaaltoja (leikkausaaltoja, S-aaltoja), jotka heijastuvat takaisin rakenteen ulkopinnoista ja mahdollisista epäjatkuvuuskohdista. Vastaanottimella mitattujen kaikuaaltojen perusteella voidaan laskea mistä syvyydestä aalto heijastui takaisin. Jännitysaaltojen heijastuminen riippuu rajapinnan akustisten impedanssien erosta. Laitteeseen kuuluvalla ohjelmalla voidaan muodostaa mittaustuloksista 3D kuvia, josta voidaan ottaa tulkintaa varten leikkauksia eri suunnista ja eri syvyyksiltä.

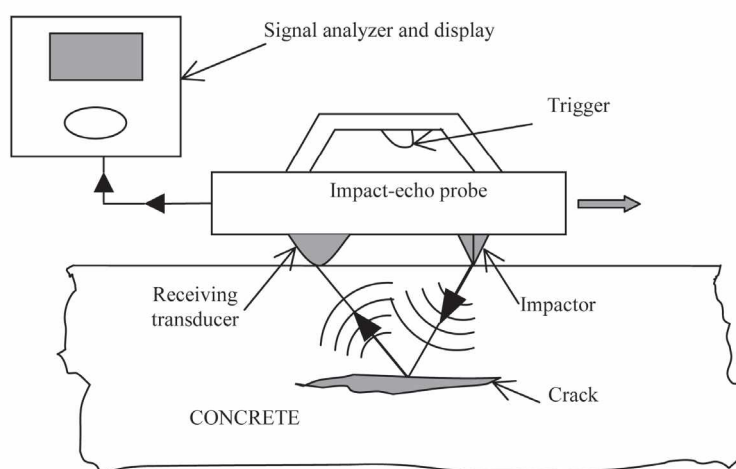


Kuva 49. Mittauslaitteisto Pulse Echo- mittaukseen

Impact Echo- menetelmässä rakenteen pinnalla aiheutetaan jännityssyökäys mekaanisella iskulla. Isku aiheuttaa jännitysaaltoja (puristusaaltoja, P-aaltoja), jotka leviävät takaisin rakenteeseen. Aallot heijastuvat takaisin rakenteen ulkopinnoista ja mahdollisista epäjatkuvuuskohdista. Monitoroimalla näitä heijastumia, eli kaikuja värähtelynä betonin pinnalla, voidaan määrittää heijastuvan kohteen sijainti rakenteessa.

Menetelmällä voidaan tutkia:

- betonirakenteen paksuutta
- rakenteen eri kerroksien paksuuksia
- rakenteen tuentaa
- betonin halkeilua ja laminoitumista
- betonin laatua ja tasalaatuisuutta



Kuva 50. Impact Echo- menetelmän toimintaperiaate

Impulse Response-menetelmässä perusajatuksena on aiheuttaa lyhytaikainen mekaaninen isku rakenteen pinnalla ja monitoroida rakenteen värähtelyä. Isku aiheutetaan instrumentoidulla vasaralla ja sen aiheuttamaa värähtelyä tarkkaillaan iskukohdan läheisyyteen sijoitetulla geofonilla. Laitteisto tallentaa iskun voima- aikafunktion. Näiden kahden funktion avulla ohjelmisto laskee rakenteelle niin sanotun liikkuvuuskuvaajan, josta voidaan erilaisten parametrien avulla tehdä päätelmiä rakenteen kunnosta.

Näytteistä tehtävät erikoistutkimukset betonirakenteista

Puristuslujuuskokeella selvitetään betonin puristuslujuus. Puristuslujuus testataan InfraRYL kohdan 42020.1.1.5.3 mukaisesti.

Koekappaleet otetaan sattumanvaraisesti eri kohdista sitä rakenneosaa, jonka lujuus halutaan määrittää. Näytteenotossa on otettava huomioon, että rakenteen toimintaan ei saa vaikuttaa haitallisesti.

Vertailulujuus määritetään Betoninormit 2012 by 50 kohdan 6.3.3 mukaan. Siinä esitetty puristuslujuuden määrittäminen perustuu standardiin SFS-EN 206-1.

Koekappaleiden vähimmäismäärä on 3 kpl. Lisäämällä koekappaleiden lukumäärää saadaan pienennettyä vertailulujuuden määrittämiseen tarvittavaa kerrointa.

On huomioitava, että määritettäessä lujuuksia koekappaleita rakenteesta poratuista pyöreistä lieriöistä, on ennen lujuudenmäärittäystä muutettava saadut yksittäiset koetulokset vastaamaan 150 mm särmäisen kuution lujuuksia, jotka ovat siten vertailukelpoisia suunnittelunormin materiaalilujuuksien kanssa.

Ohuthie- eli optisella mikrorakennetutkimuksella selvitetään betonin laatu ja vaurioiden syyt. Näytteestä tehdään ohuthie (paksuus 0,025 mm), joka tutkitaan fluoresenssi- ja polarisaatiomikroskoopilla. Ohutta näytettä valaistaan alapuolelta ja analysointi tehdään yläpuolelta. Näyte tehdään yleensä kohtisuoraan porauspintaa vasten ja sen pinta- ala on n. 25- 35 mm x 30- 60 mm.

Ohuthieanalyysissä mikroskoopilla tehtävässä tarkastelussa koekappale analysoidaan ja riippuen koekappaleesta mm. seuraavat seikat pyritään selvittämään:

- pinnoitteen tai pinnoitteiden ominaisuudet ja paksuus
- betonin karbonatisoitumisvyvyys
- betonin huokosrakenne ja pakkasenkestävyys
- betonissa esiintyvät halkeamat ja vauriot
- huokostäytteet ja mahdolliset aggressiiviset reaktiot
- sideaineen laatu
- kiviaineksen ja sideaineen tartunta sekä runkoaineen laatu
- raudoitteen ja betoniterästankojen korroosioaste ja tartunta sideaineeseen

Pintahietutkimuksessa tutkitaan rakenteesta otettu näyte laboratoriossa polarisaatiomikroskoopilla. Pintahietutkimuksessa tutkitaan poralieriönäytteestä halkaistu näytekappale, joka on selkeästi ohuthietä paksumpi ja analysointi tapahtuu näytekappaleen pintaa tarkastelemalla. Näytekoko riippuu poralieriön halkaisijasta ollen luokkaa 50- 75 mm x näytepituus (~100 mm). Ennen näytelieriön halkaisua lieriö injektoidaan epoksihartsilla tyhjätilojen, halkeamien, huokostilojen yms. avoimien tilojen havaitsemiseksi.

Pintahietutkimuksessa pääsääntöisesti tutkitaan ja selvitetään seuraavat asiat:

- pinnoitteen tai pinnoitteiden ominaisuudet ja paksuus
- kiviainesrakeiden koko, muoto ja jakautuminen
- betonin huokosrakenne
- betonissa esiintyvät halkeamat ja vauriot
- pakkasrapautumisen esiintyminen
- raudoitteen ja betoniterästankojen korroosioaste ja tartunta sideaineeseen

Karbonatisoitumissyvyys määritetään joko kohteessa rakenteen ”aukipiikkaus” kohdasta tai rakenteesta irti poratusta poralierionäytteestä, joka antaa huomattavasti tarkemman ja luotettavamman tuloksen. Karbonatisoitumissyvyys määritetään käsittelemällä rakenne/näyte pH-indikaattorilla, joka muuttaa karbonatisoitumattoman osan värin punaiseksi ja mittaamalla karbonatisoituneen kerroksen paksuus. Tutkimus voidaan tehdä joko kohteessa tai mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen laboratoriossa halkaistusta poralieriöstä.

Kloridipitoisuus määritetään laboratoriossa porajauhenäytteistä tai koekappaleesta murskaamalla. On myös mahdollista tutkia kloridipitoisuus suoraan kohteessa siihen soveltuvalla laitteistolla. Tarkoitus on tutkia näytekohdan kloridipitoisuus profiili, eli pitoisuuden vaihtelu 2–3 eri syvyydellä. Näin ollen voidaan arvioida kloridipitoisen betoni tunkeutumaa ja mahdollisesti tarvittavan korjaustyön laajuutta. Pitoisuus määritetään standardin SFS 5451 mukaisesti happoliukoisena betonin painosta.

Eri lähteissä on esitetty kriittiselle kloridipitoisuudelle vaihtelevia arvoja. Arvot vaihtelevat yleensä välillä 0,4–0,6 % sementin painosta. SILKO-ohjeissa (30) kloridipitoisuus saa olla normaalisti raudoitettussa rakenteessa betonin painosta 0,07 % happoliukoisena mitattuna ja 0,05 % vesiliukoisena mitattuna. Jännitetyjen rakenteiden kriittinen kloridipitoisuus on alhaisempi, enintään puolet edellisestä.

Arvioitaessa rakenteen kloridipitoisuuden kriittisyyttä rakenteen kestävyyskannalta on otettava huomioon rakenteen ikä, rakenneosan rasitusolosuhteet, betoniraudituksen syvyys rakenteen pinnasta, rakenteen käyttöikä vaatimus.

Kohdan 6.7.2 taulukossa 3 on esitetty muita betonin tutkimusmenetelmiä ja niiden käyttöä erilaisten vaurioiden ja ominaisuuksien kartoittamiseen.

6.7.4 Teräsrakenteet

Teräsrakenteiden osalta erilaisia erikoistutkimusmenetelmiä ovat mm:

- teräksen materiaaliominaisuuksien määrittäminen
- pinnoitteen laadun selvittäminen
- kattavan pinnoitepaksuuden ja sen kunnon määrittäminen
- hitsausliitosten kunnon selvittäminen
- pultti-/niittiliitosten kunnon selvittäminen

Teräksen lujuus- ja sitkeysominaisuuksien sekä hitsattavuuden selvittäminen edellyttää aina näytekappaleen irrottamista rakenteesta. Paikka valitaan ja työ tehdään teräsrakenteiden asiantuntijan ohjeiden mukaan. Näytteenottokohdat korjataan asiantuntijan ohjeiden mukaan. Näytteenotto kohtien ja muiden tutkimusten vaatimien kohtien paikkausmaalaus tehdään SILKO-ohjeen 2.351 mukaan (30) ja merimerkkien osalta Merimerkkien pintakäsittelyohjeen mukaisesti (31).

Myös pinnoitteen tarkan laadun selvittäminen tapahtuu laboratorio-olosuhteissa. Maalityypin voi kuitenkin määrittää jo kohteessa epoksiohenteella SILKO-ohjeen 1.351 mukaisesti (30).

Kohteessa tehtävät erikoistutkimukset teräsrakenteista

Magneettijauhetarkastuksella etsitään rakenteen pinnassa olevia tai pintaan asti ulottuvia säröjä ja muita pintavaurioita. Menetelmässä liitokseen tuotetaan magneettikenttä pysyvällä tai sähkömagneetilla. Pintaan ruiskutetaan seosta, jossa on rautajauhetta. Tämä kerääntyy säteittäisesti halkeamien ja huokosten kohdalle. Menetelmä on helppo käyttää, mutta siitä ei jää pysyvää dokumenttia ellei tilannetta valokuvata .

Halkeamavärien (tunkeumaneste) avulla voidaan myös havaita rakenteen pinnassa olevat säröt ja vauriot ruiskuttamalla rakenteen pinnalle väriainetta, joka imeytyy halkeamaan tms. vauriokohtaan.

Ultraäänimittauksella etsitään säröjä laakereista ja muista teräsrakenteista ja tarkastetaan hitsien kunto. Rakenteeseen lähetetty korkeataajuuksinen ääniaalto heijastuu takaisin rakenteessa olevista epäjatkuvuuskohdista, jolloin materiaalin sisäiset vauriot saadaan selville. Hitsausliitosten tarkastamisessa rakenteen geometria saattaa rajoittaa mittauksen suorittamista. Ultraäänimittaus on hyvin herkkä pienillekin epäjatkuvuuksille ja siten se on hyvä tarkastusmenetelmä. Sen suurimmat puutteet liittyvät vian olemuksen tulkitsemiseen, joka on käyttäjäkohtainen ja siihen, että vikojen koko on rajoitettu (korkeus 3 - 4 mm, pituus 5 mm). Ultraäänimittausta voidaan käyttää myös levypaksuuksien määrittämiseen sekä ruostuneissa teräsrakenteissa myös jäljellä olevan levypaksuuden arviointiin.

Röntgen ja gammasäteilyn avulla voidaan myös havaita materiaalin sisäiset epäjatkuvuuskohdat, mutta ei niiden syvyys sijaintia. Radiografisen tarkastuksen etuna on hyvä tarkkuus ja dokumentiksi jäävä kuva. Jännekaapeleiden (esim. riippuköydet, riipputangot) korroosiotutkimuksiin on kehitetty NDT- menetelmiä, jotka perustuvat mm. sähköjohtavuuden ja magneettikentän muutoksiin korroosiokohdassa (esim. Main Flux Method). Niitä ei kuitenkaan ole käytetty Suomessa.

Pintakäsittelyn korjaustoimenpiteen määrittäminen voidaan kaikkien taitorakenteiden osalta tehdä soveltaen SILKO- ohjetta 1.356.

6.7.5 Näytteistä tehtävät erikoistutkimukset teräsrakenteista

Rakenteesta irti leikatuista näytteistä määritetään laboratorio-olosuhteissa ja -laitteistolla käytetyn teräksen materiaaliominaisuuksia. Näistä tärkeimmät ovat:

- Vetokokeessa koekappaleen vetovoimaan ja venyvyyttä mitataan. Mittauksen perusteella määritetään materiaalin myötölujuus, vetolujuus sekä murtovenymä.
- Charpy V -iskusitkeys-kokeessa materiaalin iskusitkeysominaisuudet (pakasenkestävyys, haurasmurtuma) selvitetään tutkimalla materiaalin iskusitkeyttä eri lämpötiloissa.
- Poikittaiselle sitkeys-kokeella voidaan määrittää materiaalin lamellirepeämiskestävyys.
- Materiaalien kemiallisella analyysillä selvitetään teräksen koostumus ja hitsattavuus.

Teräsrakenteista laboratoriotutkimuksia varten otettavat näytekappaleet irrotetaan paikasta, joka on rakenneasiantuntijan hyväksymä. Näytteiden otto ja näytteenotto-kohdan korjaus tehdään myös erikoisasiantuntijan ohjeiden mukaisesti.

Raudoitustangot tutkitaan muiden teräsrakenteiden tapaan. Raudoitustankojen näytteiden irroituskohtien tulee olla rakenneasiantuntijan hyväksymiä. Käyttöön jätettävien rakenteiden jänneterästangoista tai -kaapeleista ei näytteitä saa ottaa ilman rakenteen vahventamista.

6.7.6 Puurakenteet

Puurakenteen lahovikojen laajuus sekä kyllästysaineen tunkeutuminen ja määrä saadaan selville kasvukairalla otettavan näytteen avulla. Lahoviat voidaan todeta näytteestä silmämääräisesti.

Laboratoriossa voidaan näytekappaleen avulla selvittää laho, kosteus ja tilavuuspaino sekä kyllästysaineen määrä.

Mikroporan avulla voidaan puurakenteen ominaisuuksia tutkia jo kohteessa pintaa syvemmältä. Rakenteeseen porattavan reiän poraamisen yhteydessä mitataan porausvastusta, jonka perusteella puun ominaisuuksia voidaan arvioida.

Mikroporalla havaitaan mm. puun sisäiset vauriot ja niiden laajuus mittauskohdassa sekä voidaan laskea rakenteen tiheys.

6.7.7 Vedenalaiset tutkimukset

Sukellustarkastukset

Vedenalaiset tutkimukset ovat perinteisesti olleet sukellustarkastuksia, joissa havaintojen tekemiseen käytetään näkö- ja tuntohavaintoja, pintatestausta sekä mittauksia.

Sukellustarkastuksen yhteydessä on syytä tallentaa tarkastus myös videokameralla. Asiantuntevaa rakenteiden tarkastajaa voi sukellustarkastuksessa käyttää apuna videokuvan kautta, jolloin on mahdollista ohjeistaa sukeltajaa tarkastamaan tiettyjä asioita tarkemmin.

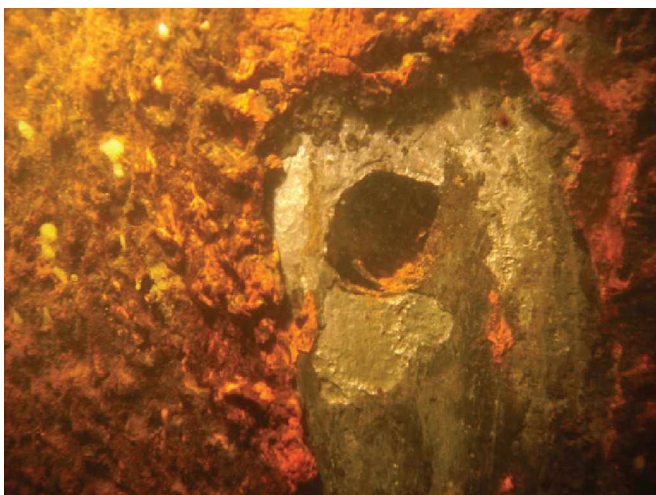


Kuva 51. Sukelluksen valvonta, ohjaus ja dokumentointi valvontamonitorin, va-puhelimen sekä pintailmapaneelin avulla

Siltojen sukellustarkastus toteutetaan ohjeen Siltojen sukellustarkastusohje (6) mukaisesti ja sitä voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden taitorakenteiden vedenalaisten rakenteiden tarkastamiseen.

Yleensä sukellustarkastuskohteissa näkyvyys on rajoitettu, jolloin sukellustarkastaja ei voi havaita koko tarkastettavaa rakennetta kokonaisuutena. Sukellustarkastusta voidaan täydentää tai sukellustarkastusta voidaan käyttää täydentämään eri NDT-menetelmillä tehtyjä vedenalaisten rakenteiden tutkimuksia. Esimerkiksi kaiku-luotaamalla saadaan vedenalaisesta rakenteesta kattava kuva ja lopputuotteena saadaan rakenteesta pistepilven avulla 3D-malli, josta kaikki pintavauriot ja eroosiovauriot on helposti havaittavissa laajaltakin alueelta.

Sukellustarkastuksessa on oleellista, että ne rakenneosat joita halutaan tarkastaa, puhdistetaan niin, että saadaan riittävän luotettava kuva rakenteen kunnosta.



Kuva 52. Teräspontista puhdistuksen jälkeen löytynyt reikä

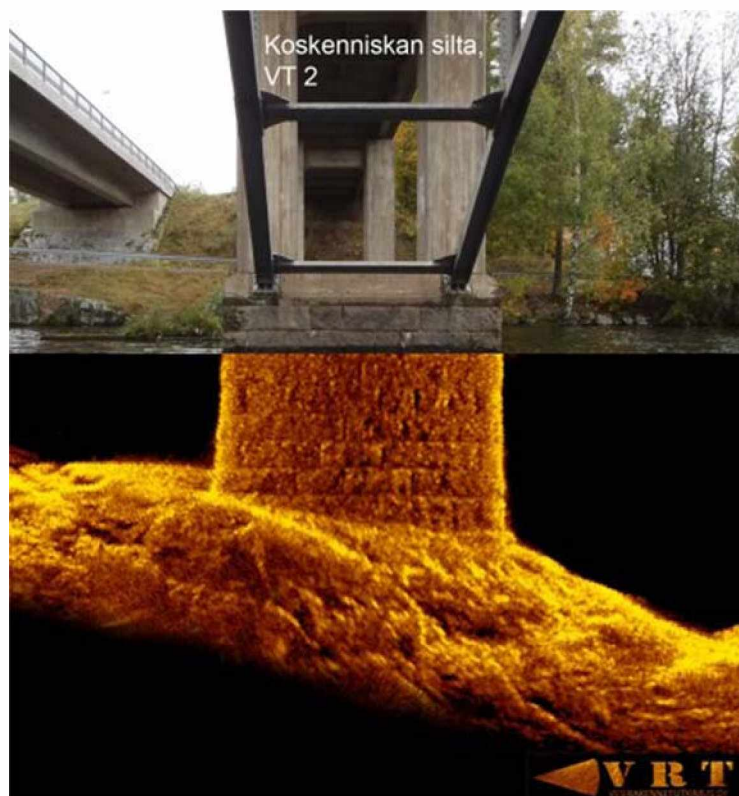
Akustiset tutkimusmenetelmät

Laajojen vedenalaisten rakenteiden kunnan kokonaisvaltainen tarkastaminen on aina ollut haasteellista. Rakenteiden tarkastuksia on tehty aikaisemmin lähinnä vain sukeltamalla. Perinteisten tarkastusten ongelmina ovat kuitenkin olleet mm. ympäristötekijät, kuten veden virtaus ja sameus sekä riittävän tarkkojen mittaustulosten saaminen.

Mittauslaitteistojen kehittyminen on tarjonnut uusia ja monipuolisempia mahdollisuuksia vedenalaisten rakenteiden tarkastustoimintaan. Nykyisillä menetelmillä tuotetuista rakenteiden 2D-kuvista tai 3D-pistepilvistä saadaan tarkka kokonaisvaltainen käsitys rakenteiden nykytilasta ja pohjan topografiasta. Tuloksista on suuri hyöty mm. korjaustarpeen arvioinnille, korjaussuunnittelulle ja rakenteen elinkaaren hallinnalle.

Kaikuluotaaminen perustuu äänisignaalien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Lähetetyn aallonpituuden ja ääniaallon etenemisajan perusteella tarkastettavalle kohteelle saadaan määriteltyä etäisyys kaikuluotaimeen. Näiden havaintojen perusteella muodostetaan visuaalinen kuva tai pistemäinen havainto tarkastuskohteesta tai tutkittavasta objektista. Tarkastuksia suoritettaessa on tärkeää tietää, miten eri asiat vaikuttavat äänisignaaleihin ja tämän seurauksena saatuihin tutkimustuloksiin. Kaikuluotauksen tuloksiin vaikuttaa viisi tärkeää tekijää:

- äänen etenemisnopeus
- taajuus
- äänikeilan muoto ja aukeamiskulma
- akustinen jalanjälki
- kohteen muoto ja materiaali



Kuva 53. Skannaavalla kaikuluotaimella tuotettu sillan välituen 2D kuvamosaiikki yhdistettynä valokuvaan

Erityyppisillä **kaikuluotaimilla** saavutetaan erilaisia lopputuloksia. Alla on esiteltynä käyttötarkoituksiltaan ja mittausmenetelmiltään erilaisia kaikuluotaimia.

Skannaava kaikuluotain

Skannaavat kaikuluotaimet lähettävät yhden tai useamman äänikeilan kerrallaan ympärilleen. Kun skannaavan kaikuluotaimen mittausanturi pyörii oman akselinsa ympäri, halutusta kohteesta tai alueesta saadaan kartoitettua laajempi alue. Tarkimpiin tuloksiin päästään tällä hetkellä laitteistoilla, jotka ovat paikoillaan skannauksen aikana. Tämä mahdollistaa myös laitteiston asemoimisen monimuotoisten rakenteiden osalta siten, ettei tarkastettavaan alueeseen jää katvealueita.

Skannaavat kaikuluotaimet soveltuvat muun muassa rakenteiden tarkastamiseen sekä vesialueiden pohjatopografian kartoitukseen.

Monikeilain

Monikeilaaminen suoritetaan yleensä liikkuvasta aluksesta. Alukseen asennetut laitteistot lähettävät tyypillisesti kymmenien kartiomaisten äänikeilojen viuhkan pohjan suuntaan.

Monikeilaimella saadaan mitattua suhteellisen suuria alueita huomattavan nopeasti. Paikannuslaitteistoilla kerätyt koordinaattitiedot, erilaisilla liiketunnistimilla kerätyt kallistuskulmat sekä kaikuluotaimella saadut havainnot tallennetaan, jonka jälkeen kerätty data yhdistetään aikaleiman avulla yhtenäiseksi 3D-pistepilveksi.

Viistokaikuluotain

Yleisimmin viistokaikuluotaimia käytetään hylkyjen ja vedenalaisten kohteiden paikantamiseen. Viistokaikuluotaamisessa paikantaminen tapahtuu liikkeessä.

Luotain lähettää äänikeilan sivuilleen ja tuloksena saadaan akustista kuvaa pohjassa sijaitsevista kohteista. Viistokaikuluotaimella saatava tarkastusaineisto on samankaltaista kuin skannaavalla kaikuluotaimella tuotettu 2D-kuva-aineisto. Viistokaikuluotauskuvien resoluutio on tällä hetkellä vielä heikompi kuin paikaltaan tehtävissä skannauksissa.

6.7.8 Muita tutkimusmenetelmiä

Matalataajuusluotain, maatutkamittaus

Maatutkamittaus (-luotaus) on ainetta rikkomaton rakenteiden tutkimusmenetelmä, joka perustuu radiotaajuuksien sähkömagneettisten aaltojen (taajuuden vaihteluväli 30–3000 MHz) lähettämiseen väliaineeseen ja niiden takaisinheijastukseen erilaisista sähköisistä rajapinnoista. Maatutkalaitteisto koostuu radiolähettimestä ja vastaanottimesta, jotka on yhdistetty maatutka-antenniin. Antennin kautta lähetetään sähkömagneettinen pulssi väliaineeseen. Osa pulssin energiasta heijastuu sähköisiltä ominaisuuksiltaan poikkeavien materiaalien rajapinnalta, osa etenee rajapinnan läpi ja heijastuu seuraavilta rajapinnoilta.

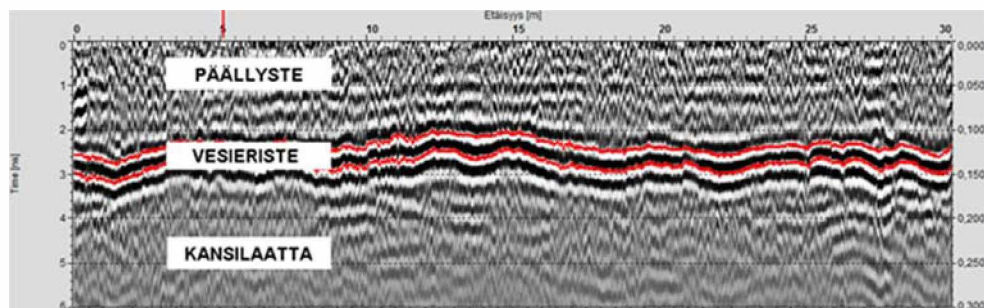
Matalataajuusluotaimia käytetään mm. eri maalajien ja niiden kerrostuneisuuden määrittämiseen. Tuloksina esitetään yleensä valituilta luotauslinjoilta tulostetut eri maalajien profiilipiirroksat.

Matalataajuustutkimus on hyödyllinen menetelmä esimerkiksi perustamistapoja ja kantavuutta määriteltäessä suunnittelua varten. Tämä menetelmä vaatii yleensä tueksi kairausnäytteitä. Näin varmistetaan matalataajuusluotaimen havainnot ja voidaan määrittää tarkka kuvaus maalajeista. Mittausmenetelmällä saadaan selville maalajien eri kerrosten paksuudet ja niiden välinen tartunta sekä vaurioituneet kerrokset ja tyhjätilat.

Siltatutkaus, siltakansien maatutkaus

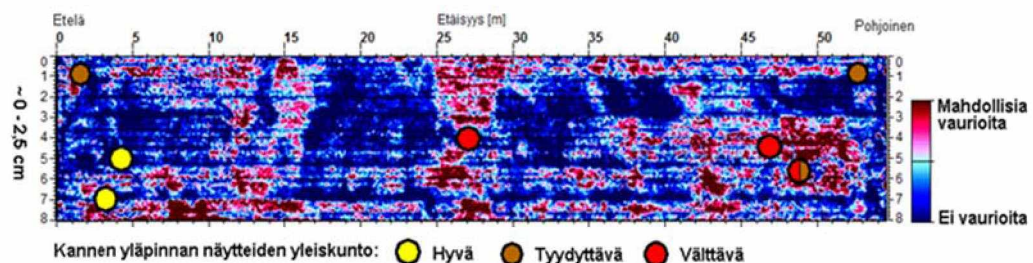
Siltatutkauksella tarkoitetaan sillan kannelta käsin tehtävää maatutkausta, jolla tutkitaan sillan pintarakenteita. Siltakansien maatutkukseen voidaan käyttää sekä 2D-että 3D-tutkakalustoja.

Siltakansien maatutkauksen päätarkoitus on tuottaa tietoa sillan kunnosta korjaussuunnittelua varten. Tärkeintä on saada tarkkaa tietoa päällysteen tai rautateillä tukikerroksen paksuudesta, vesieristeen kunnosta sekä kansilaatan kunnosta. Lisäksi tavoitteena on tuottaa mahdollisimman paljon muuta korjaussuunnittelussa tarvittavaa tietoa esimerkiksi raudoitteiden suojasyvyydestä, vedenpoistojärjestelmän kunnosta ja mahdollisista vaurioiden syistä.



Kuva 54. Ylempi tulkittu viiva on päällysteen alapinta ja alempi kansilaatan yläpinta. Vesieriste on näiden kahden tulkitun tason välissä ja ohuena rakenteena ei ole aina näin hyvin tulkittavissa

Kerrospaksuuksien tulkinnan lisäksi kansilaatan vaurioita / rapautumista analysoidaan laskemalla signaalin a) amplitudin voimakkuutta, b) vaimentumista tai c) hajontaa maatutka-aineistosta. Nämä niin sanotut vauriokartat lasketaan eri syvyyksiltä kansilaatasta, jotta voidaan selvittää miten syvälle mahdolliset vauriot ovat edenneet.



Kuva 55. Esimerkki vertailusta vauriokartan ja ohuthienäytteiden välillä

Siltatutkausten mittaustulosten tulkinta vaatii erityistä asiantuntemusta. Maatutkalaitteistojen ja antennien kehitys on parantanut menetelmän tarkkuutta ja tutkimusnopeutta. Prosessointi- ja tulkintaohjelmistojen avulla myös tulosten visualisointi on kehittynyt.

Lämpökameramittaus (infrapunakuvaus)

Lämpökameramittauksella tutkitaan rakenteen pintalämpötiloja. Lämpökameran avulla saadaan selville mm. vedeneristyksen tartunta betonipintaan tai vesivuotokohdat muusta rakenteesta poikkeavien lämpötilojen perusteella.

6.8 Monitorointi ja koekuormitukset

6.8.1 Monitorointi

Monitorointi on rakenteen tai sen rakenneosan jatkuvaa tai jaksottaista mittaamista ja mitatun tiedon analysointia. Mittaaminen tapahtuu automaattisesti käyttäen erityyppisiä mittalaitteita sekä antureita, joista mitattu tieto voidaan siirtää ja tallentaa automaattisesti tai manuaalisesti tiettyyn tietorekisteriin (palvelin, tietokanta). Monitorointiin kuuluu tärkeänä osana tulosten jatkokäsittely, analysointi, yhdistely muiden tulosten kanssa sekä raportointi (32) .

Monitorointi voi olla kertaluontoista, jaksottaista tai jatkuvaa ja sen kesto voi vaihdella yhdestä päivästä useaan vuoteen. Monitorointi voi olla osa rakenteen kunnon hallintaa, jolloin tarkoituksena on kerätä tietoa rakenteen kuntoon vaikuttavista parametreista kuten esim. halkeilusta, korroosiosta, kloridien tunkeutumisesta, ruostumisesta, säröistä, kosteudesta, lämpötilasta ja muodonmuutoksesta. Monitoroinnilla voidaan myös seurata rakenteen käyttäytymistä, esim. taipumaa, venymä, jännityksiä, värähtelyitä, siirtymiä ja tukivoimia sekä kohteen turvallisuutta ja turvallista käyttöä.

Monitorointiin kuuluu myös mitatun tiedon systemaattinen tallentaminen, sovittu analysointi sekä raportointi. Monitoroinnista saadaan paras hyöty, kun siihen yhdistetään koekuormitus sekä lujuus- ja turmeltumismalli, jolloin mitattu tieto voidaan siirtää laskentamalliin ja näin arvioida koko sillan käyttäytymistä, eikä pelkästään yksittäisen mittauspisteen tuloksia. Rakenteen lujuus- ja turmeltumismallin muodostamisessa voidaan käyttää apuna rakenteesta laadittua tietomallia, mikäli se on saatavilla.

Monitorointi on suunniteltava kohdekohtaisesti mittalaitetoimittajan, rakennesuunnittelukonsultin ja rakenteen omistajan kanssa siten, että monitoroimalla saatava hyöty on rakenteen omistajan kannalta riittävä. Monitoroinnin suunnittelun ja toteutuksen osalta voidaan soveltaa myös kappaleessa 4.8 esitettyjä asioita.



Kuva 56. Antureiden asennus

6.8.2 Siltojen koekuormitukset

Siltojen koekuormitukset ovat vakiintuneet käytössä olevien siltojen erikoistutkimusmenetelmäksi, kun halutaan määrittää mm. niiden kantavuutta, vahventamistarvetta ja vahventamismenetelmien toimivuutta.

Sillan koekuormitukseksi on kutsuttu tyypillisesti sillan kertaluonteista mittausta poiketen jatkuvasta tai jaksottaisesta monitoroinnista. Koekuormituksia on jossain tapauksissa kuitenkin toistettu, kun on haluttu tutkia sillan toimintaa sekä ennen että jälkeen vahventamisen.

Erityisesti koekuormituksia ja niihin liitettäviä mittauksia käytetään, kun sillan laskennallinen kantavuus ei normaalilaskentamenetelmin näyttäisi riittävän tai kun sillan rakennemallin todellinen toiminta on epäselvä. Laskentamallien toimintaa voidaan täydentää mm. koekuormitustuloksien perusteella saatavien kuormien jakaantumisen, rakenteiden jäykkyyden, liittotoiminnan ja maksimirasitusten suhteen.

Kantavuus määritetään useimmiten joko siltojen painorajoitustarpeen arvioimiseksi normaalille ajoneuvoasetuksen mukaiselle ajoneuvoliikenteelle tai raskaiden erikoiskuljetusten kulkumahdollisuuksien selvittämiseksi sallittavina akselipainoina eri erikoiskuljetuskaavioille. Todellisen kantavuuden perusteella voidaan edelleen määrittää sillan mahdollinen vahventamis- tai uusimistarve.

Koekuormituksissa käytettäviä anturityyppejä ovat tyypillisesti olleet venymäliuskat (teräsvenymät) ja liikeanturit (liikkeet, taipumat ja halkeamaleveyden muutokset). Siirtymien mittauksissa on käytetty jo pidempään myös lasertekniikkaan perustuvia mittalaitteita. Viime vuosina on erityisesti venymien mittaukseen tullut mukaan optisia kuituantureita. Muita tarvittavia mittauksia voivat olla mm. värähtelymittaukset (kiihtyvyydsanturit) sekä lämpötila- ja kosteusmittaukset.

Koekuormituksiin kuuluu tyypillisesti sekä staattisia kuormituskokeita paikalleen pysäytetyillä ajoneuvoilla sekä dynaamisia kuormituskokeita eri ajonopeuksilla sysäysvaikutuksen selvittämiseksi. Kuormitusajoneuvoina käytetään punnittuja raskaita ajoneuvoja, tyypillisesti soralla lastattuja yhdistelmäajoneuvoja (kokonaismassa tyypillisesti n. 60 t) ja erityyppisiä erikoiskuljetusajoneuvoja, kuten raskaita ajoneuvonostureita ja lavetteja (kokonaismassaa voidaan nostaa koekuormituksen aikana vaihteittain).

Koekuormituksia tarvitaan myös siltoihin sijoitettujen monitorointilaitteistojen kalibrointiin, jotta mittaustulokset voidaan yhdistää painoltaan tunnettujen ajoneuvojen aiheuttamiin vaikutuksiin. Koekuormitusten yhteyteen on liitetty myös erilaisia pitkäaikaismittauksia, joilla on mitattu mm. normaaliliikenteen aiheuttamia väsytytkuormituksia jännitysvaihtelukertymän avulla.

Rautatiesiltojen koekuormituksia voidaan tarvittaessa tehdä kuten tiesilloillekin. Lisäksi rautatiesilloille voidaan järjestää koeajoja rataosien nopeuden nostojen yhteydessä, jotta varmistutaan rakenteen riittävästä jäykkyydestä ja radan sekä sillan yhteystoiminnasta korotetulla nopeustasolla.



Kuva 57. Riippusillan koekuormitus

7 Materiaalien vauriot

7.1 Betonirakenteiden vauriot

7.1.1 Yleistä

Betonirakenteiden vaurioitumiseen vaikuttavat sekä betonin että raudoituksen vaurioituminen. Pääsääntöisesti rakenteiden vaurioitumisen aiheuttajia ovat betonin karbonatisoituminen, kloridien tunkeutuminen betoniin, rakenteiden halkeilu sekä veden, pakkasen ja suolojen aiheuttama rapautuminen.

Betonirakenteen raudoituksen vaurioituminen saattaa johtaa rakenteen kantavuuden menettämiseen. Betoniterästankojen korroosio alkaa, kun sitä ympäröivä suojaava betoni on vaurioitunut riittävän pitkälle ja rakenteen kosteus sekä lämpötila olosuhteet ovat sopivat korroosion käynnistymiselle.

Pitkälle edennyt betonirakenteen vaurio aiheuttaa uusia vauriomekanismeja, joten vaurion ajoissa tehty paikallistaminen ja vaurionaiheuttajan poistaminen pidentää rakenteiden käyttöikää huomattavasti.



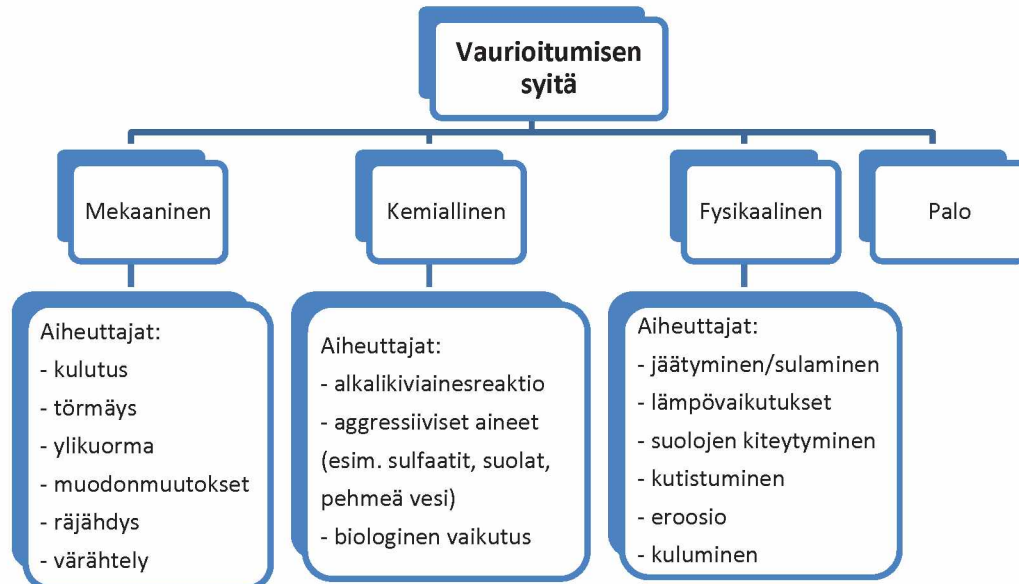
Kuva 58. Siltakannen alapinnan betonirakenteen vaurioituminen

Betonirakenteen vauriot voidaan jakaa betonin vaurioihin ja raudoituksen korroosioon.

Betonirakenteen vauriot voivat aiheutua:

- mekaanisista kuormista, esimerkiksi törmäyksestä, ylikuormasta, liikkumisesta painumisen seurauksena tai räjähdyksestä
- kemiallisesta tai biologisesta ympäristörasituksesta

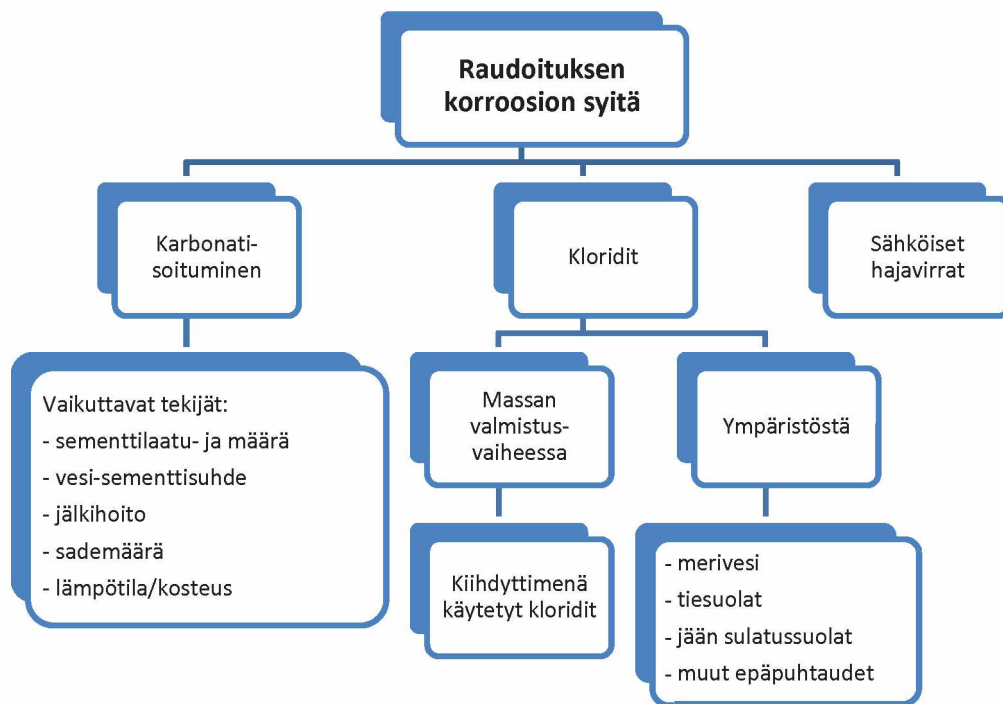
- fysikaalisesta rasituksesta, esimerkiksi jäätymisestä ja sulamisesta, lämpötilan muutoksista johtuneista halkeamista, kosteusliikkeistä, suolarapautumisesta tai eroosiosta



Kuva 59. Betonin vaurioitumisen syitä standardin SFS-EN 1504-9 mukaan

Raudoituksen korroosioauriot voivat aiheutua:

- suojaavan betonipeitteen ohentumisesta
- suojaavan betonipeitteen alkaalisuuden vähenemisestä (*Karbonatisoituminen, betonin (sementtigelin-) neutraloitumisreaktio, joka aiheutuu ilman hiilidioksidin CO₂ tunkeutumisesta betoniin, ja jonka seurauksena betonin huokosveden pH-arvo alenee*)
- suojaavan betonipeitteen saastumisesta korroosiota aiheuttavista aineista (yleensä kloridi-ioneista), joita on joutunut betonimassaan valmistuksen yhteydessä tai jotka ovat tunkeutuneet betoniin ympäristöstä
- sähköisistä hajavirroista, joita on johtunut tai indusoitunut raudoitukseen läheisistä virtalähteistä



Kuva 60. Raudoituksen korroosioauriot standardin SFS-EN 1504-9 mukaan

Taitorakenteiden osalta betonin säilyvyyteen pääasiassa vaikuttavia ulkoisia rasitustekijöitä ovat:

- kosteus
- kloridit ja muut ympäristön epäpuhtaudet
- pakkasen ja lämpötilan vaihtelut
- liikenteen, virtaavan veden ja jään aiheuttama kuluminen

Näiden ulkoisten rasitustekijöiden vaikutuksia kiihdyttäviä betonin ominaisuuksia ovat:

- huono tiiveys
- pinnan halkeilu
- voimakas karbonatisoituminen
- vähäinen suojahuokosten määrä

Kostea ympäristö on melkein aina vaikuttamassa betonirakenteiden vaurioitumiseen. Siksi tarkastuksissa on kiinnitettävä huomiota mm. vedeneristyksen ja liikuntasaumojen vuotoihin, vesien ohjaamiseen rakenteiden läheisyydessä sekä rakenteiden mahdolliseen huonoon puhtaanapitoon ja kuivatukseen.

7.1.2 Pintavauriot

Betonin yleisimmät pintavauriot ovat kuluminen ja pakkasvauriot (säröily, lohkeilu ja rapautuminen). Rakenteiden tutkimuksissa on havaittu myös alkalisen kiviaineksen aiheuttamia reaktioita, jotka ilmenevät aluksi pakkasvaurion näköisenä verkkohalkeiluna, mikä johtuu kiviaineksen paisumisesta kosteuden vaikutuksesta.

Eniten pintavaurioita esiintyy betonissa ympäristörasitusten voimakkaasti rasittamilla pinnoilla, kuten vedenpinnan vaikutusalueella sekä kohdissa, joihin liukkauden torjuntaan/ jään sulatukseen käytetty suola pääsee vaikuttamaan. Erityinen huomio on kiinnitettävä suolarasituksen alaisiin pintoihin. Kloridipitoisuus määritetään yleensä

happoliukoisena betonin painosta, jolloin kriittisen kloridipitoisuuden raja on betonin laadusta riippuen 0,02–0,07 %.

Pakkasvaurioita syntyy veden jäätyessä betonin huokosissa, koska vesi laajenee jäätyessään. Lumen ja jään sulatukseen käytettävät natrium- ja kalsiumkloridi pahentavat oleellisesti pakkasvaurioita. Mitä nuorempaa ja lujuudeltaan alempaa betoni on, sitä herkempää se on vaurioitumaan. Alhainen vesisementtisuhte sekä suojahuokos- tus ja eräät vesisementtisuhdetta alentavat lisäaineet parantavat ratkaisevasti beto- nin pakkasenkestävyyttä.

Betonipinnat kuluvat liikenteen, virtaavan veden ja jään vaikutuksesta. Betonin kestä- vyys kulutusta vastaan riippuu ensisijaisesti kiviaineksen kovuudesta ja lujuudesta, sementtikiven lujuudesta ja kiviaineksen määrästä betonissa. Betonin pinta kuluu si- ten, että sementtikivi irtoaa ja luonnonkivi jää pintaan. Kulumisen jatkuessa sideaine irtoaa yhä syvemmltä, jolloin kiviaineksin vähitellen irtoaa.

Betonipinnan huonosti tiivistyneitä kohtia on tarkkailtava, koska ne ovat erityisen ar- koja rapautumiselle. Betonipinnan huono tiiviys johtuu yleensä riittämättömästä tii- vityksestä tai sementtiliiman valumisesta muottien läpi. Tarkkailtavia kohtia ovat lisäksi työsaumat sekä korjaustoissa vanhan ja uuden rakenteen liitoskohdat.

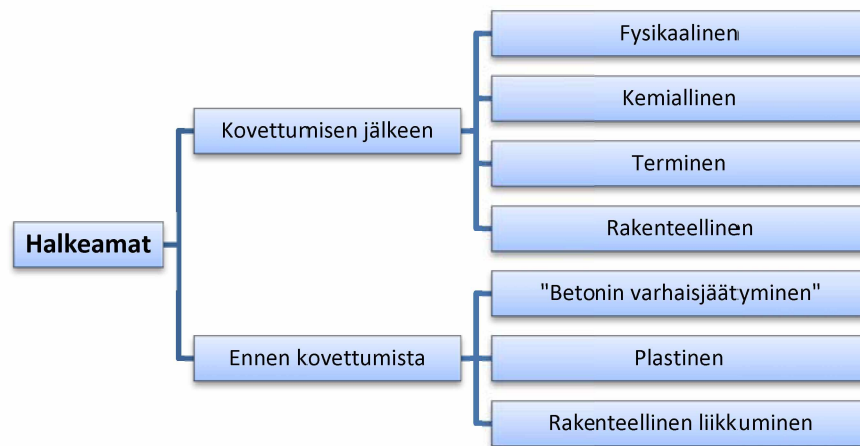
Joissain tapauksissa saattavat betonin pintavaurioista tai niiden korjaamisesta johtu- vat ulkonäkösyöt vaatia korjaustoimenpiteitä. Betonin pinnoitus ei saa tällöinkään huonontaa betonin säilyvyyttä. Pintojen alttius töhertelylle on myös otettava huomi- oon suojaamalla pinnat tarvittaessa tai valitsemalla helposti puhdistettava pinnoite.

7.1.3 Halkeamat

Betonirakenteen halkeamat ovat joko rakenteellisia halkeamia, jotka ulottuvat neut- raaliakselille tai menevät rakenteen läpi (ainakin osittain), tai pintahalkeamia (särö- jä), joiden syvyys vaihtelee tapauskohtaisesti.

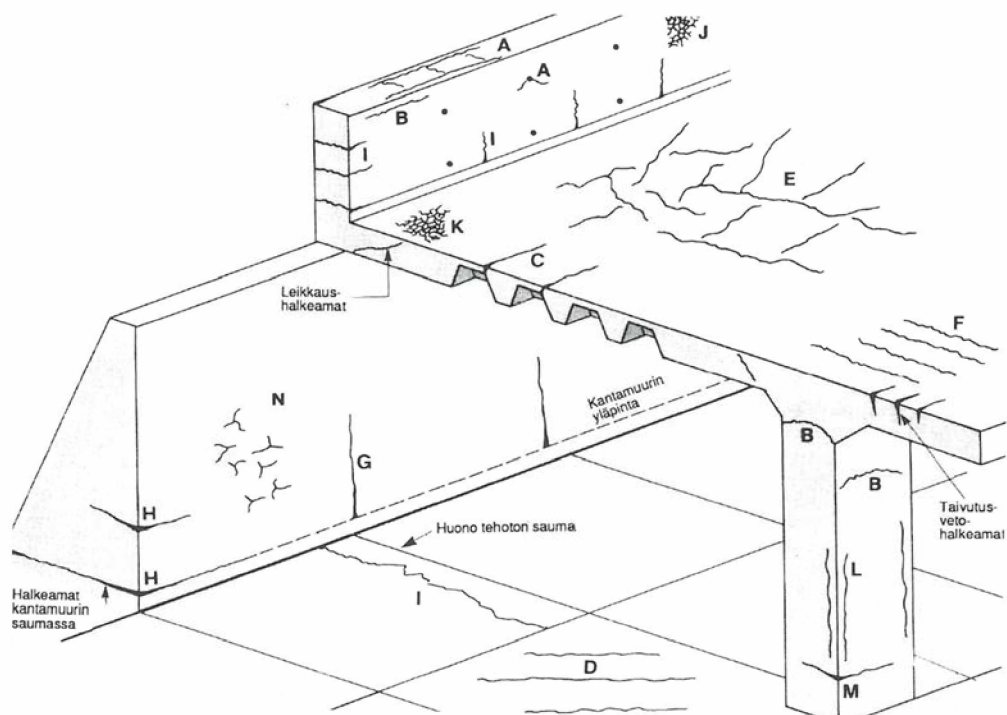
Halkeamat huonontavat betonin vesitiiviyttä ja alentavat merkittävästi rakenneosien jäykkyyttä. Vuotavat halkeamat ovat säilyvyyden kannalta aina vaarallisia. Jännittä- mättömissä betonirakenteissa rakenteellinen halkeilu taivutus- ja leikkausrasitetuis- sa osissa on luonnollista rakenteen toimintaa. Leveät halkeamat ovat kuitenkin osoi- tus riittämättömästä raudoituksesta. Jännitetyissä rakenteissa ei normaalisti saisi esiintyä 0,1 mm suurempia halkeamia. Leveä rakenteellinen halkeilu edellyttää usein sillan vahventamista.

Halkeamatyyppjä ja niiden syitä on esitetty kattavasti SILKO- ohjeessa 1.233. Oh- jeessa on esitetty myös halkeamien korjaustapoja sekä ohjeita korjaustarpeen määrit- telyyn.



Kuva 61. Halkeamien jako syntyajan ja aiheuttajien suhteen (kattava taulukko löytyy SILKO- ohjeesta 1.233)

Kuvassa 62 on esitetty esimerkkejä betonirakenteiden halkeamista ja niiden syistä, jotka on eroteltu myös syntyajan mukaan taulukossa 4.



Kuva 62. Betonirakenteille luonteenomaisia halkeamia (33)

Taulukko 4. Betonirakenteille luonteenomaisten halkeamien tyypit (kattava taulukko löytyy SILKO-ohjeesta 1.233)

Halkeama- keama- tyypit	Plasti- nen painu- minen	Plasti- nen ku- tistumi- nen	Varhainen terminen kutistumi- nen	Pitkän aikavälin kuivumis- kutistuma	Säröily	Raudoituk- sen korroo- sio	Alkali- kivi- aines- reaktio
Kirjain- tunnus (kuva 62)	A,B,C	D,E,F	G,H	I	J, K	L, M	N

Periaatteessa kaikki betonirakenteen halkeamat ovat rakenteen säilyvyyden kannalta haitallisia. Kuitenkin korjaustarpeen määrittämisen osalta voidaan asettaa erilaisia halkeamaleveyden raja- arvoja ohjaamaan oikean korjaustoimenpiteen valintaa.

Normaalisti raudoitetuissa, taivutetuissa rakenteissa alkaa 0,3 mm:n levyinen halkeama olla sillan säilyvyyden kannalta vaarallinen. Suolapitoinen vesi voi käynnistää teräskorroosion jo 0,1 mm:n levyisen halkeaman kautta. Lisäksi ohutkin halkeama myös karbonatisoituu halkeaman molemmin puolin lähes yhtä syvälle kuin betonin pinta.

7.1.4 Raudoituksen korroosio

Korroosio on sähkökemiallinen ilmiö (Kuva 64), mikä edellyttää, että

- kohteessa on riittävästi kosteutta,
- metallin pinnassa on epäjatkuvuuskohtia eli anodi- ja katodialueita ja
- korroosioreaktiot voivat tapahtua samanaikaisesti katodi- ja anodialueilla

Korroosiota ei tapahdu, jos yksikin näistä edellytyksistä pystytään poistamaan. Ulkona olevissa betonirakenteissa on aina riittävästi kosteutta, joten suojaustoiminnassa on keskityttävä kahteen jälkimmäiseen.

Uudessa rakenteessa betonin emäksisyys passivoi raudoituksen ja estää tankojen ruostumisen. Betoni menettää kuitenkin vähitellen ilman hiilidioksidin vaikutuksesta emäksisyytensä eli karbonatisoituu.

Teräskorroosio alkaa nopeasti, jos raudoituksen betonipeite on ohut. Teräskorroosio on sitä nopeampaa, mitä pienempi teräksen syöpyvän osan (anodi) pinta-ala on kato-
din pinta-alaan verrattuna ja mitä paremmin betoni johtaa sähköä.

Karbonatisoitumistakin vaarallisempaa on kloridien tunkeutuminen raudoituksen ta-
soon asti. Kloridit puhkaisevat raudoitusta suojaavan passiivikalvon, jolloin raudoi-
tuksen korroosio käynnistyy välittömästi, vaikka betoni ei olisikaan karbonatisoitu-
nut.

Raudoituksen korroosioauriot ilmenevät yleensä ruostelaikkuina rakenteen pinnalla tai raudoitustankoa ympäröivän betonin halkeiluna ja lohkeiluna. Kantavien rakentei-
den karbonatisoitumista ja suolan tunkeutumista rakenteisiin on seurattava määrä-
välein tutkimusten avulla, jotta tarvittaviin toimenpiteisiin osataan ryhtyä oikeaan
aikaan.

7.1.5 Muut vauriot

Betonoitaessa voi syntyä huonosti tiivistyneitä kohtia ja muita valuvikoja. Valuvikoihin on kiinnitettävä tarkastuksessa huomiota, koska ne edistävät karbonatisoitumista ja haitallisten aineiden tunkeutumista rakenteeseen. Valuviat voivat olla myös piileviä, kuten ohuen betonikerroksen alle peittyvä onkalo.

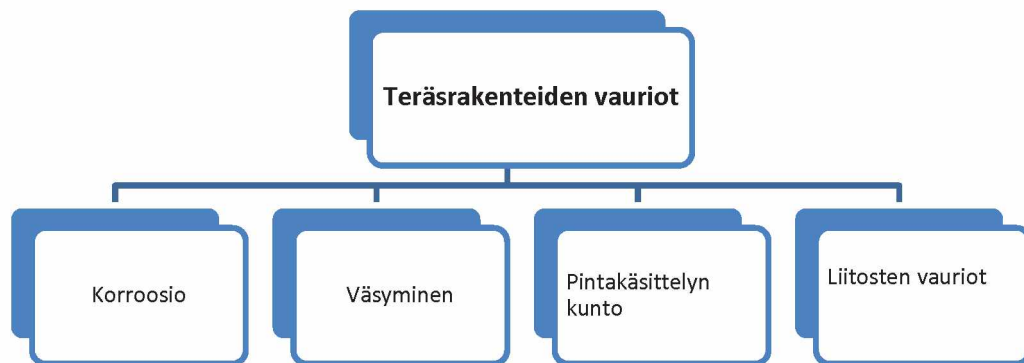
Vesivuodot ovat seurausvaurioita, joiden perussyitä ovat

- vedeneristyksen vaurioituminen työvirheiden, huonojen materiaalien tai kansilaatan halkeilun seurauksena
- suunnitteluvirheet, kuten kaidepylvään vieminen sillan reunaan asti ulotetun vedeneristyksen läpi tai
- työvirheet, kuten puuvälikkeiden jättäminen reunapalkkien sisään, kaidepylväiden varauksiin yms.

7.2 Teräsrakenteiden vauriot

7.2.1 Yleistä

Teräsmateriaalin tyypillisimpiä vaurioita ovat korroosio ja dynaamisen kuormituksen aiheuttama väsyminen. Korroosion aiheuttama syöpyminen ja väsymisen aiheuttamat väsymissäröt voivat vapaasti edetessään johtaa jopa koko rakenneosan kantavuuden menetykseen. Korroosion estämiseksi ulkona olevat teräsrakenteiden teräspinnat pitää suojata, tavallisesti pinnoittamalla. Täten myös pintakäsittelyn kunto on teräsrakenteiden osalta keskeistä. Teräsrakenteiden osalta herkimpiä vaurioitumiselle ovat liitokset.



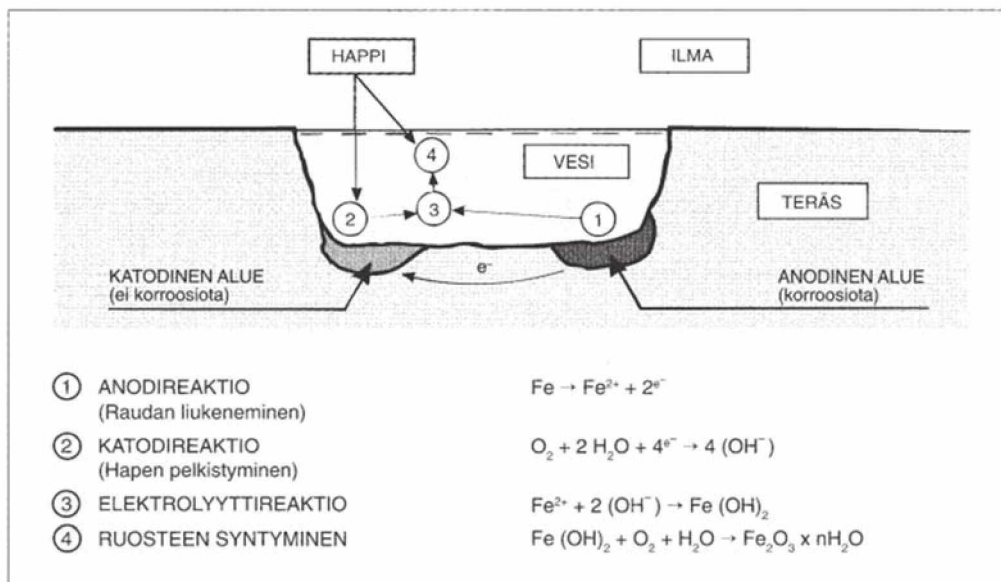
Kuva 63. Teräsrakenteiden vauriot

7.2.2 Korroosio

Teräsrakenteiden tai taitorakenteiden teräsosien kuntoon eniten vaikuttava tekijä on teräksen korroosio. Korroosioilla tarkoitetaan metallin syöpymistä ympäristön kanssa tapahtuvien reaktioiden seurauksena (30).

Korroosio eli ruostuminen ei aiheuta rakenteelle tavallisesti välitöntä vaaraa, mutta saadessaan vapaasti jatkaa se heikentää rakenteen kantavuutta ja johtaa korjaamattomana koko rakenteen vaurioitumiseen. Mitä ohuempia rakenteet ovat, sitä vaarallisempaa on ruostuminen.

Korroosio johtuu siitä, että teräksen pinnassa on kohtia, joiden sähköinen potentiaali on erilainen, jolloin muodostuu korroosiopareja (Kuva 64). Potentiaalierot aiheutuvat yleisesti pinnan laadusta tai epäpuhtauksista. Jos teräksen pinta on kostea (vesi toimii elektrolyytinä), syntyy pieni sähkövirta paikasta toiseen ja korroosioprosessi alkaa. Teräksen hapettuminen (liukeneminen) tapahtuu tällöin anodilla, joka on epäjalompi kuin katodi.



Kuva 64. Korroosioreaktiot teräspinnalla ja korroosion syntyminen (30)

Korroosionopeuteen vaikuttaa elektrolyytin koostumus: suolat ja muut epäpuhtaudet lisäävät korroosionopeutta suuresti. Muita korroosionopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Korroosiota ei synny alle 0 °C:n lämpötilassa, ellei pinnalla ole esimerkiksi maantiesuolaa. Merkittävällä nopeudella korroosiota syntyy, kun ilman suhteellinen kosteus on 60–70 %, lian ja suolan vaikuttaessa jo alhaisemmassa kosteudessa.

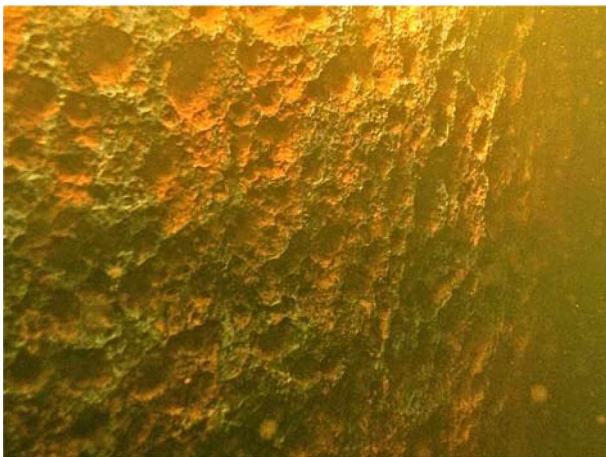


Kuva 65. Teräspalkin korroosiota kannen vesivuodon kohdalla

Korroosioilmiöt voivat tapahtua tasaisesti koko pinnalla (tasainen eli yleinen korroosio, Kuva 66) tai paikallisesti. Tasainen korroosio on tyypillinen suojaamattomien teräspintojen korroosionmuoto ilmastollisessa rasituksessa. Paikallisen korroosion muotoja ovat pistekorroosio, rako- eli piilokorroosio, galvaaninen korroosio, raerajakorroosio, korroosioväsyminen ja jännityskorroosio. Korroosionmuotoja on käsitelty tarkemmin SILKO-ohjeessa 1.301 Teräsrakenteet, metallit sillankorjausmateriaalina, yleiset laatuvaatimukset (30).



Kuva 66. Tasaista pintakorroosiota



Kuva 67. Vesirajassa olevaa pistemäistä syöpymää teräspilarissa

7.2.3 Väsyminen ja sen aiheuttama säröily

Väsymisen aiheuttama säröily on vaihtorasitettuja teräsosia (vaihteleva hyötykuorma) vaurioittava ilmiö. Kuormitetuimmissa osissa edetessään voi säröjen kasvu johtaa jopa rakenneosien murtumiseen ja päärakenteisiin kohdistuessaan jopa rakenteen tai rakenneosan kantavuuden menettämiseen. Tämän takia on säröjen kasvua seurattava ja suoritettava tarvittaessa nopeasti tarvittavat korjaustyöt. Rakenteen yleistarkastuksessa voidaan havaita lähinnä suurimmat näkyvät halkeamat. Väsymissäröilyä selvitetään tarkemmin taitorakenteelle tai sen teräsrakenteille tehtävässä erikoistarkastuksessa (34).

Väsymistä tutkittaessa ja laskettaessa on käsitteellä särö tärkeä merkitys. Särö määritellään kahtena toisiaan koskettavana säröpintana. Murtumismekaniikassa särölle voidaan laskea tietyn kuormituksen alaisena ydintymisaika ja kasvuaika. Hitseissä on kuitenkin paljon pieniä alkusäröjä (n. 1 mm), jolloin riittää pelkän särön kasvun laskeminen jäljellä olevan kestoiän arvioimiseksi.



Kuva 68. Väsymissärö poikkipalkin uumassa pystyjäykisteen alapään kohdalla

Terässillat ovat tyypillisiä väsytytkuormitettuja rakenteita. Muuttuvien kuormien, lähinnä liikennekuormien osuus kokonaiskuormituksesta on siltojen keveydestä johtuen varsin suuri ja kuormituskertoja voi olla varsinkin vilkasliikenteisillä teillä hyvin paljon.

Terässiltojen osalta väsymisen kriittisyys kasvaa myös siltojen iän myötä. Tähän vaikuttaa sekä jatkuvasti kertyvä vaihtorasitus että kasvavat liikennekuormien painot ja määrät. Tiesilloilla ovat sallitut suurimmat ajoneuvopainot 50 vuodessa yli kaksinkertaistuneet (huom! vaikutus väsymisen osalta potenssiin 3...8) ja liikennemäärät raskaimpien ajoneuvojen osalta moninkertaistuneet. Tämä voi tarkoittaa siltakohtaisesti jopa väsyttävän kuormituksen 100-kertaistumista. Tiesiltojen osalta väsymismitoitus on otettu käyttöön vasta 1970-luvulla, tätä ennen tiesiltoja ei katsottu väsytyksrasitetuiksi rakenteiksi.

Sama suuntaus on ollut rautatiesilloissa, joissa väsytytkuormitus on voinut vanhimpien siltojen osalta 1900-luvun alusta monikymmenkertaistua.

Väsymisen kannalta ovat teräsrakenteissa arimpia kohtia liitokset ja erityisesti hitsausliitokset. Niissä on väsymislujuutta heikentäviä tekijöitä, kuten geometriamuutokset, hitsausvirheet ja jäännösjännitykset. Niitatut liitokset ja ruuviliitokset ovat liitostyyppinä väsymisen kannalta parempia. Niitattujen rakenteiden osalta niiden kestävyyttä pienentää kuitenkin keskimäärin suurempi ikä ja käytetyt selvästi nykyistä alhaisemmat suunnittelukuormat.

Väsymisen kannalta kriittisimpiä rakenteita ovat päärakenteet lyhyillä ja keskimittaisilla silloilla, sekundäärirakenteet sekä suuria voimia siirtävät liitososat, kuten köysirakenteiden liitokset. Päärakenteiden, sekundäärirakenteiden ja jäykisteiden liitokset ovat myös kriittisiä alueita, koska niissä voi vaikuttaa moniulotteinen jännitystila, jota ei suunnittelussa ole osattu ottaa oikein huomioon (Kuva 68).

7.2.4 Pintakäsittelyn vaurioituminen

Ulkona olevien taitorakenteiden teräsrakenteiden korroosion estämiseksi teräspinnat pitää suojata. Teräsrakenteiden tavallisin suojaustapa on eristäminen ympäristöstä pinnoittamalla. Teräsrakenteiden pinnoitteena on tavallisesti maali (= monikerroksinen maalausjärjestelmä) tai sinkitys (kuuma- tai ruiskusinkitys).

Pintakäsittelyn vauriotyyppejä ovat ruostuminen, kupliminen, halkeilu ja hilseily (Kuva 69). Vauriot todetaan yleisesti, mutta yleensä seurataan tarkemmin vain rakenteiden ruostumista.



Kuva 69. Hitsin esikäsittely on tehty huonosti ja pintamaali on maalattu liian aikaisin tai kostealle pinnalle

Teräsrakenteiden pintakäsittelyvaurioiden syynä on yleensä jokin työvirhe, kuten:

- puutteellinen esikäsittely
- väärät maalausolosuhteet
- väärä kalvonpaksuus
- riittämätön ammattitaito
- vastuuttomuus
- puutteellinen kunnossapito

Joskus syynä on väärä maalityyppi tai pinnoitteen ikä. Lisäksi vesi, jää, hiekka ja tiesuola joko roiskeina tai pintoja peittävinä likakerroksina sekä mekaaniset vauriot edistävät korroosiota.

7.2.5 Liitosten vaurioituminen

Teräsrakenteiden liitosten vauriot ovat sekä edellä mainitun kaltaisia, materiaalin ominaisuuksiin liittyviä vaurioita sekä liitoksen rakenteellisia vaurioita. Rakenteelliset vauriomekanismit voidaan jakaa neljään luokkaan:

- niittien murtumat
- ruuvien löystyminen
- säröt
- teräksisten rakenneosien liitosten vauriot mm. pää-/poikkipalkit, poikki-/sekundääripalkit, tuuliristikoiden liitokset

Usein näkyvää korroosiota esiintyy teräsrakenteiden niitti-, pultti- ja hitsiasennusjatkosten kohdilla, koska työmaolosuhteissa tehty pintakäsittely on usein jäänyt laadultaan konepajapintakäsittelyä huonommaksi (25).

Terässilloissa materiaalin väsymisen aiheuttamat säröt ilmestyvät tavallisimmin paikkoihin, joissa liikenne- ja tuulikuorman suhteellinen osuus kokonaisjännityksistä on suuri ja rakenteellinen muotoilu vähemmän juoheva. Tällaisia rakenteellisia paikkoja terässillassa ovat erilaiset liitokset, kuten pääkannattimen hitsausjatkokset ja poikkileikkauksen muutoskohdat sekä poikkipalkkien, sekundääristen pituuskannattimien ja ristikoiden liitoshitsit (25).

Teräsrakenteisissa rautatiesilloissa on poikkikannattimien liitoksissa pääkannattimeen ja pituuskannattimien liitoksissa poikkikannattimiin havaittu levyjen halkeamia ja katkenneita niittejä, jotka voivat olla väsymisvaurioita. Vaurioituneen niittiliitoksen niittien eheys on tutkittava ainetta rikkomattomalla menetelmällä (NDT-tarkastuksella). Niittien koputteleminen ei välttämättä kerro niitin katkeamisesta, koska katkennut niitti voi olla esim. reunapuristuksen vaikutuksesta niin kiinni perusaineessa, että koputusääni ei poikkea ehjän niitin äänestä (25).



Kuva 70. Rautatiesillan niittiliitos

7.3 Puurakenteiden vauriot

Puurakenteiden vaurioituminen johtuu pääsääntöisesti kosteuden tunkeutumisesta ja jäämisestä puurakenteen sisään sekä erilaisista pintavaurioista. Vauriotyyppin mukaisesti voidaan puurakenteiden vauriot jakaa seuraaviin ryhmiin:

VAURIOTYYPPI	• VAURIOIDEN SYYT
- lahoaminen	<ul style="list-style-type: none"> • ympäristövaikutukset • kyllästämätön puu • bitumihuovalla peittäminen
- halkeilu ja ravistuminen	<ul style="list-style-type: none"> • kosteusvaihtelu • liian suuri rakennusaikainen kosteus
- kuluma/ törmäys	<ul style="list-style-type: none"> • liikenne • jää • virtaus • puhtaanapidon laiminlyönti
- hilseily	<ul style="list-style-type: none"> • väärä pinnoitetyyppi • pinnoitealustan kosteus/ ominaisuudet

Kuva 71. Puurakenteiden vauriotyypit

Puurakenteiden osalta vauriot saattavat synnyttää toisia vakavampia vaurioita, jos niitä ei riittävän ajoissa huomioda. Liimapuupalkin halkeama saattaa olla rakenteen kantavuuden kannalta merkityksetön, mutta aikaa myöten halkeaman kautta puurakenteen suojaamattomaan osaan saattaa päästä kosteutta ja lahonaiheuttajia, jolloin myös kantavuus vaarantuu vaurion edetessä.



Kuva 72. Puisen välituen yläpään murtuma kuormituksen sekä rakenteen siirtymän seurauksena

7.4 Kivi- ja muurattujen rakenteiden vauriot

Puhtaat kivirakenteet ovat ilman saumausta rakennettuja rakenteita, jotka kantavat niille kohdistuvat kuormat pääsääntöisesti kiven puristuslujuuden avulla. Kivirakenne kestää hyvin puristusta, mutta se ei kestä vetoa ja puhdasta taivutusta juuri lainkaan.

Muuratuiksi rakenteiksi kutsutaan rakenteita, jotka on rakennettu liittämällä kivistä, tiilestä tai harkoista tehtyjä rakennuskappaleita kovettuvalla sideaineella (esim. laastilla) toisiinsa.

Muurattujen rakenteiden rakennusperiaate on, että rakenteet tehdään siten, että niihin ei kohdistu vetojännityksiä. Rakenteen mahdollinen perustusten painuminen tai rakenteen osien siirtyminen saattaa aiheuttaa rakenteeseen juuri vetojännityksiä tai suuria puristusjännityskeskittymiä, jotka vaurioittavat rakennetta.



Kuva 73. Kiviholvin kiven siirtymä rakenteen liikkeen seurauksena

Kivien rapautuminen on harvinaista. Rapautuneen kiven laatu on syytä selvittää. Kivien pinnoissa saattaa esiintyä myös lohkeilua. Lohkeilua esiintyy varsinkin tukimuuri-/maatukirakenteiden etupinnoissa, kun avonaisista saumoista valuva vesi irrottaa jäätyessään kivistä pintalustan.

Kiviholvirakenteiden murtumisvaara on sitä suurempi mitä pitempi on rakenteen vapaa- aukko ja mitä ohuempi on pistekuormaa jakavan täytemaakerroksen paksuus. Muuratut rakenteet ovat joko vain saumojen tai sekä saumojen että päärakennemateriaalin osalta huokoisia rakenteita, jotka imevät itseensä kosteutta. Kosteus onkin merkittävin muurattuja rakenteita vaurioittava rasitus. Ylimääräinen rakennekosteus aiheuttaa moninaisia vaurioita, joita ovat mm. pakkasvauriot (35).



Kuva 74. Muuratun rakenteen pintarappauksen rapautuminen

VAURIOTYYPPI	• VAURIOIDEN SYYT
- halkeilu	• rakenteen muodonmuutoksista aiheutuva veto- tai taivutusjännitys
- rapautuminen	• kiven, tiilen, harkon laatu • saumojen laatu ja materiaalit • vesi/ jäätyminen
- muodonmuutokset	• perustusten painuminen • ylikuormitus • saumauksen vaurioituminen
- lohkeilu	• vesi/ jäätyminen • rakenteen muodonmuutoksista aiheutuva suuri pistekuorma
- saumojen vaurioituminen	• vesi/ jäätyminen • rakenteen muodonmuutoksista ja painumisesta aiheutuva suuri pistekuorma
- pintarappauksen vaurioituminen	• vesi/ jäätyminen • väärät korjausmenetelmät

Kuva 75. Kivi- ja muurattujen rakenteiden vauriotyypit

8 Vaurioiden korjaaminen

8.1 Yleistä

Rakenteisiin kohdistetut korjaus- tai rakennustoimenpiteet voidaan jakaa kolmeen osaan:

- hoitoon liittyvät korjaustoimenpiteet
 - o taitorakenteiden ympärivuotinen hoito ja puhtaanapito
 - o kuivatuslaitteiden puhdistus ja kunnossapito
 - o rakenteiden ja laitteiden toimivuuden tarkastus
 - o lähiympäristön vaatimusten mukainen hoito
 - o pienet huoltotyöt ja -korjaukset, kuten paikallisten päällyste-, luiska-verhoilu- ja kaide-vaurioiden korjaus, rumpujen ja ojien tukkeumien avaus, valaistuksen perushuolto, liikennemerkkien, radan merkkien ja opasteiden kunnossapito
- ylläpitoon liittyvät korjaustoimenpiteet
 - o ylläpitoluonteiset ja yksittäisten vaurioiden korjaukset
 - o rakenteen peruskorjaus
- korvausinvestointeihin liittyvät toimenpiteet
 - o rakenteen purku
 - o kuntosyistä toteutettava rakenteen uusiminen

Yleiset toimintalinjaukset ylläpito- ja vauriokorjausten osalta ovat seuraavat:

- liikenne- tai henkilöturvallisuutta vaarantavat vauriot korjataan heti (näitä ovat myös törmäyssuojien korjaukset)
- merkittävät rakenteen säilyvyyttä vaarantavat ja seurausvaikutuksia aiheuttavat vauriot korjataan mahdollisimman pian
- muut korjaukset ohjelmoidaan

Rakenne sijoitetaan yleensä peruskorjausohjelmaan, kun sen kuntoluokka on huono. Kun kuntoluokka on erittäin huono, peruskorjaus on tehtävä kiireellisenä tai rakenne käytetään hallitusti loppuun. Sijoitettaessa rakenteita peruskorjausohjelmaan myös muut tekijät kuin pelkkä kuntoluokka on huomioitava. Ohjelmoinnissa huomioitavia asioita ovat:

- rakenteen arvo ja taso (rakenteet, joita on kallis ja vaikea korjata ei pitäisi päästää kuntoluokkaan huono)
- liikennetekniset vaatimukset tai väylähankkeet
- peruskorjauksen hankekokonaisuus
- mahdollisuus loppuun käyttöön

Peruskorjauksessa korjataan tai uusitaan kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenteet ja sen ympäristön rakenteet alkuperäisten veroisiksi. Peruskorjausta varten rakenteelle tehdään erikoistarkastus ja korjaussuunnitelma.



Kuva 76. Sillan reunapalkin uusiminen siltaan tuettujen telineiden varassa

8.2 Korjaamisen periaateratkaisut

Rakenteen korjaushankkeen tärkein vaihe on periaateratkaisun teko, jossa työlle määritetään sellaiset toteuttamisratkaisut, työmenetelmät ja materiaalit, joilla voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos, kustannukset huomioiden (30).

Periaateratkaisulla tarkoitetaan rakenteen korjaustoimenpiteen valintaa seuraavista vaihtoehtoista (30) :

- Ei tehdä mitään toistaiseksi. Riskit on selvitettävä.
- Arvioidaan uudelleen rakenteen kantokyky, mikä voi johtaa rakenteen käytön rajoituksiin.
- Estetään tai vähennetään lisävauriot rakennetta parantamatta.
- Parannetaan, vahvennetaan ja kunnostetaan rakenne osittain tai kokonaan.
- Rakennetaan rakenne kokonaan tai osittain uudelleen.
- Puretaan koko rakenne tai osia siitä.

Vaihtoehtojen valinnassa pitää ottaa huomioon seuraavat seikat (30):

- a) rakenteen käyttötarkoitus ja suunnittelukäyttöikä sekä pinnoitteiden ja muiden korjausmenetelmien käyttöikä
- b) vaadittavat käyttöominaisuudet kuten pakkasenkestävyys, lujuus ja tiiviys, korroosionkesto, kantavuus
- c) suojaus- tai korjaustöiden todennäköinen pitkäaikaiskestävyys
- d) mahdollisuudet lisäsuojaukseen, lisäkorjaukseen ja kunnon seurantaan,
- e) rakenteen suunnitellun käyttöiän aikana eteen tulevien korjauskertojen hyväksyttävä määrä ja kustannukset
- f) vaihtoehtoisten suojaus- tai korjaustoimenpiteiden kustannukset ja rahoitus, mukaan lukien tulevat käyttö- ja kunnossapitokustannukset
- g) korjausalan ominaisuudet ja mahdolliset esikäsittelymenetelmät
- h) suojatun tai korjatun rakenteen ulkonäkö
- i) rakenteen elinkaarikustannukset



Kuva 77. Sillan kansilaatan yläpinnan muotoiluvalu

8.3 Korjaussuunnittelu

Korjaussuunnittelun lähtötietona käytetään rakenteesta tehtyä erikoistarkastusta. Peruseriaatteena korjausrakentamisessa on, että vaurion syy poistetaan. Riittävän kattava ja laadukas erikoistarkastus laboratoriotutkimuksineen takaa riittävät lähtötiedot korjaussuunnitteluun ja oikeiden korjausmenetelmien ja korjaustyön laajuuden määrittämiseen.

Korjaussuunnittelun osalta ohjeita ja korjausmenetelmiä on kattavasti tuotu esiin Liikenneviraston laatimissa Siltojen korjaus, eli SILKO- ohjeissa. Lisäksi ohjeita korjaussuunnitteluun on annettu sillantarkastajakurssin luentomateriaaleissa sekä alan yleisessä kirjallisuudessa. Ohjeet ovat sovellettavissa erityyppisten rakenteiden korjaussuunnitteluun tietyiltä osilta. Liikennevirastolla on myös muita erillisiä korjausohjeita mm. Merimerkkien pintojen korjausohje sekä Merimerkkien pintakäsittelyohje.

Seuraavissa kappaleissa on hieman käyty läpi eri päärakennemateriaalien (betoni, teräs, puu, kivi) korjaustapoja. Taitorakennekohtaisia ja yksityiskohtaisempia korjausohjeita on annettu esim. SILKO- ohjeissa.

8.3.1 Betonirakenteet

Betonin korjausperiaatteet ovat eurooppalaisen standardin SFS-EN 1504-9 mukaan seuraavat:

1. Pinnan tiivistäminen
 - Vähentää tai estää haitallisten aineiden, esim. veden, muiden nesteiden, höyryn, kaasujen, kemikaalien ja biologisten aineiden tunkeutumista betoniin.
2. Kosteuden säätely
 - Betonin kosteuspitoisuuden säätäminen ja sen pitäminen määrätyissä rajoissa.
3. Betonin korjaus
 - Betonirakenteen alkuperäisen muodon ja toiminnan palauttaminen. Betonirakenteen korjaaminen entiselleen vaihtamalla osa siitä.
4. Rakenteen vahventaminen
 - Betonisen rakenneosan kantavuuden lisääminen tai alkuperäisen kantokyvyn palauttaminen.
5. Vastustuskyvyn lisääminen fysikaalisia tai mekaanisia rasituksia vastaan
6. Kemikaalien kestävyys
 - Betonipinnan vastustuskyvyn lisääminen kemiallisten aineiden aiheuttamaa turmeltumista vastaan.
7. Passiivisuuden säilyttäminen tai palauttaminen
 - Sellaisten kemiallisten olosuhteiden luominen, missä raudoituksen pinnan passiivikalvo säilyy tai palautuu.
8. Betonin ominaisvastuksen parantaminen
9. Katodinen säätely
 - Sellaisten olosuhteiden luominen, jossa raudoituksen katodiset alueet eivät voi osallistua anodireaktioon.
10. Katodinen suojaus
11. Anodisten alueiden säätely
 - Sellaisten olosuhteiden luominen, jossa raudoituksen anodiset alueet eivät voi osallistua anodireaktioon.

Taulukko 5. Betonirakenteiden korjausperiaatteet ja esimerkkejä korjausmenetelmistä SFS- EN 1504 mukaisesti

Betonin vaurioihin liittyvät korjausperiaatteet ja menetelmät	
1. Pinnan tiivistäminen	1.1 Vettähylykivä impregnointi 1.2 Impregnointi 1.3 Pinnoittaminen 1.4 Pintahalkeamien sulkeminen 1.5 Halkeamien täyttö 1.6 Halkeamien ohjaaminen saumoihin 1.7 Ulkopuolisten levyjen asentaminen 1.8 Vedeneristys
2. Kosteuden säätely	2.1 Vettähylykivä impregnointi 2.2 Impregnointi 2 2.3 Pinnoittaminen 2 2.4 Ulkopuolisten levyjen asentaminen 2.5 Sähkökemiallinen käsittely
3. Betonin korjaus	3.1 Käsin tehtävä laastipaikkaus 3.2 Valaminen uudelleen betonilla tai laastilla 3.3 Ruiskubetonointi 3.4 Elementtien uusiminen
4. Rakenteen vahventaminen	4.1 Betoniraudoituksen tai ulkopuolisten raudotteiden lisääminen tai uusiminen 4.2 Raudoitustankojen asentaminen betoniin tehtyihin varauksiin tai porattuihin reikiin 4.3 Vahventaminen levyillä 4.4 Laastin tai betonin lisääminen 4.5 Halkeamien, kolojen tai rakojen injektointi 4.6 Halkeamien, kolojen tai rakojen täyttö 4.7 Esijännitys - (jälkijännittäminen)
5. Vastustuskyvyn lisääminen fyysisiä rasituksia vastaan	5.1 Pinnoittaminen 5.2 Impregnointi 5.3 Laastin tai betonin lisääminen
6. Kemikaalienkestävyys	6.1 Pinnoittaminen 6.2 Impregnointi 6.3 Laastin tai betonin lisääminen

Taulukko 6. *Raudoituksen korroosiovaurioiden korjaus ja esimerkkejä korjausmenetelmistä SFS- EN 1504-9 mukaisesti*

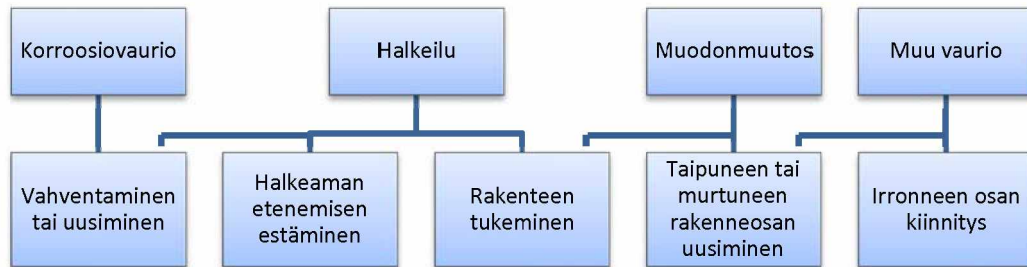
Raudoituksen korroosioon korjaamiseen liittyvät periaatteet ja menetelmät	
7. Passiivisuuden säilyttäminen tai palauttaminen	<p>7.1 Betonipeitteen paksuntaminen laastilla tai betonilla</p> <p>7.2 Saastuneen tai karbonatisoituneen betonin korvaaminen uudella</p> <p>7.3 Karbonatisoituneen betonin sähkökemiallinen uudelleenalkalointi</p> <p>7.4 Karbonatisoituneen betonin uudelleenalkalointi diffusion avulla</p> <p>7.5 Sähkökemiallinen kloridien poisto</p>
8. Betonin ominaisvasteuksen parantaminen	<p>8.1 Vettähylyvä impregnointi</p> <p>8.2 Impregnointi</p> <p>8.3 Pinnoittaminen</p>
9. Katodinen säätely	9.1 Happipitoisuuden rajoittaminen (katodilla) kyllästämällä tai pintakäsittelyllä
10. Katodinen suojaus	10.1 Sähköisen potentiaalin hyväksikäyttö
11. Anodisten alueiden säätely	<p>11.1 Raudoituksen suojaus aktiivisilla pinnoitteilla</p> <p>11.2 Raudoituksen käsittely suojapinnoitteilla</p> <p>11.3 Betonin inhibointi</p>

8.3.2 Metallirakenteet

Metallirakenteiden korjaamisessa tulee tapauskohtaisesti kysymykseen seuraavat korjaustavat:

- Loivien taipumien ja muodonmuutosten korjaaminen taivuttamalla alkuperäiseen asentoon. Oikominen voidaan tehdä tapauksesta riippuen kylmänä tai esilämmitystä käyttäen.
- Säröjen ja repeämien korjaaminen hitsaamalla. Tätä korjaustapaa käytettäessä viat avataan täydellisesti hiomalaikalla tai polttopuikolla, minkä jälkeen hitsaus tehdään suunnitelman mukaan.
- Särön etenemisen pysäyttäminen poraamalla reikä särön päähän esim. silloin, kun hitsaamista ei voida käyttää.
- Vauriokohtien vahventaminen lisämateriaalilla. Vauriokohtaan kiinnitetään hitsaamalla, pulttaamalla tai liimaamalla vahvikelevy tai jäykistyslevy.
- Vaurioitunut kohta poistetaan ja korvataan kokonaan uudella materiaalilla.
- Pienet pintasäröt voidaan korjata pelkästään hiomalla jouheasti ja tarkastamalla, että virhe on saatu pois.
- Pintakäsittelyn korjaaminen paikkaus- ja ylimaalauksena tai koko rakenteen uusintamaalaus.

Metallirakenteiden vaurioiden korjausperiaatteita on esitetty seuraavassa kaaviossa, joka perustuu SILKO- ohjeen 1.301 kuvaan 17.



Kuva 78. Metallirakenteiden vaurioiden korjausperiaatteita

8.3.3 Puurakenteet

Puurakenteiden osalta kantavien rakenteiden korjaustapoja ovat mm.

- halkeamien injektointi epoksilla
- rakenteen vahventaminen teräslevyillä, rakenteeseen poratuilla ja liimatuilla terästapeilla
- rakenneosan uusiminen
- rakenneosan suojaaminen esim. teräslevyllä
- uusien tukirakenteiden (uudet tuet, pönkäpalkit, jäänsärkijät, uittojohteet) rakentaminen

8.3.4 Kivi- ja muuratut rakenteet

Kivi- ja muurattujen rakenteiden osalta kantavien rakenteiden korjaustapoja ovat mm.

- kivien kiinnittäminen toisiinsa kivihaakilla tai laastilla juotetuilla terästangoilla
- rakenteiden ankkurointi vetotangoilla/ kallioankkureilla
- rakenteiden saumaus alkuperäiseen saumaukseen soveltuvalla laastilla
- rakenteiden perustusten vahventaminen (paalutus, sementti-injektointi)
- kosteuden kulkeutuminen rakenteeseen estetään
- rakenteen korvaaminen/ vahventaminen erillisellä uudella rakenneosalla
- rakenteen rakentaminen uudestaan uusille ja/ tai vahvistetuille perustoille

Lähdeluettelo

1. **Tiehallinto.** *Siltojen vuositarkastusohje.* Helsinki : Tiehallinto, 2009. ISBN 978-952-221-239-9, TIEH2200020-09.
2. **Tiehallinto.** *Sillantarkastuskäsikirja.* Helsinki : Tiehallinto, 2006. ISBN 951-803-704-3, TIEH 20000020-06.
3. **Tiehallinto.** *Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimukset.* Helsinki : Tiehallinto, 2009. ISBN 978-952-221-166-8, TIEH 2000010-v-09.
4. **Liikennevirasto.** *Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset.* Helsinki : Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-005-7, Liikenneviraston ohjeita 1/2010.
5. **Tiehallinto.** *Siltojen sukellustarkastusohje.* Helsinki : Tiehallinto, 2009. ISBN 978-952-221-167-5, TIEH 2000025-v-09.
6. **Ratahallintokeskus.** *Rumpujen korjausohje (RUMKO).* Helsinki : Ratahallintokeskus, 2006. O 1/2006.
7. **Liikennevirasto, VR Track.** *Rautatiesiltojen hallintaraportti 2011.* s.l. : Liikennevirasto, 2011.
8. **Liikennevirasto, VR Track.** *Rautatierumpujen hallintaraportti 2011.* s.l. : Liikennevirasto, 2011.
9. **Liikennevirasto.** *Sillan laajennettu yleistarkastus- ja huolto-ohje, osa 2: Köysisillat.* Helsinki : Liikennevirasto, 2011. ISBN 978-952-255-741-4, Liikenneviraston ohjeita 22/2011.
10. **Rakennusinsinöörien Liitto ry.** *RIL 154-1 Tunneli- ja kalliorakennus I.* 1987 : Rakennusinsinöörien Liitto ry, Espoo. ISBN 951-758-115-7.
11. **Ratahallintokeskus.** *Ratatekniset ohjeet (RATO), Osa 18 Rautatietunnelit.* Helsinki : Ratahallintokeskus, 2008. Dnro 239/731/98.
12. **Liikennevirasto.** *Rautatietunneleiden hallintaraportti 2011.* s.l. : Liikennevirasto, 2011.
13. **Liikennevirasto.** *Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirja.* Helsinki : Liikennevirasto, 2013. ISBN 978-952-255-254-9, Liikenneviraston ohjeita 8/ 2013.
14. **Liikennevirasto.** *Laituritarkastuskäsikirja.* Helsinki : Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-006-4, Liikenneviraston julkaisuja 2/2010.
15. **Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.** *RIL 236-2006 Satamalaitureiden kunnonhallinta.* Helsinki : Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2006. ISBN 951-758-466-0.
16. **Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.** *Vesirakenteiden suunnittelu, RIL 123.* Jyväskylä : Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry., 1974. ISBN 951-758-015-0.
17. **Tiehallinto.** *Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnitteluohje.* Helsinki : Tiehallinto, 2001. ISBN 951-726-817-3, TIEH 2100007-01.
18. **Liikennevirasto.** *Taitorakenteiden ylläpito, Toimintalinjat (valmistumassa).*
19. **Pertti Virtala, Paul D. Thompson, Reed Ellis.** *Taitorakenteiden hallintajärjestelmän periaatteellinen toiminta.* Helsinki : Liikennevirasto, 2011. ISBN 978-952-255-723-0, 28-2011.
20. **Tiehallinto.** *Siltojen hoito ja ylläpito, suunnitteluohje.* Helsinki : Tiehallinto, 2004. ISBN 951-803-219-X, TIEH 2100024-04.
21. **Rakennustieto.** *Infra RYL.* s.l. : Rakennustieto. Internet versio (www.rakennustieto.fi/infraryl).
22. **Tiehallinto.** *Siltojen hoidon ja ylläpidon laatuvaatimukset.* Helsinki : Tiehallinto, 2004. ISBN 951-803-193-2, TIEH 2200023-04.
23. **Merenkululaitos/ Sami Lasma.** *Kiinteiden turvalaitteiden huolto-ohjeet.* s.l. : Merenkululaitos, 2009. Versio 18.3.2009.

24. **Väylähoitotiimi, Liikennevirasto/.** *Ohje merenkulun turvalaitteen kunnon silmä määräiseen arviointiin 26.11.2010.* s.l. : Liikennevirasto, 2010.
25. **Liikennevirasto.** *Sillan laajennettu yleistarkastus, osa 1: Terässillat.* Helsinki : Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-052-1, Liikenneviraston ohjeita 31/2010.
26. **Liikennevirasto.** *Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset.* Helsinki : Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-005-7, Liikenneviraston ohjeita 1/2010.
27. **Liikennevirasto.** *Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO).* Helsinki : Liikennevirasto, 2012. ISBN 978-952-255-081-1, Liikenneviraston ohjeita 1/2012.
28. **Ratahallintokeskus.** *Sähkörataohjeet.* Helsinki : Ratahallintokeskus, 2009. ISBN 978-952-445-272-4, , Ratahallintokeskuksen julkaisuja B22.
29. **Tiehallinto.** *Kimmo vasaran käyttäjän ohje.* Helsinki : Tiehallinto, 2001. ISBN 51-726-811-4, TIEH 3200706.
30. **Liikennevirasto/ Tiehallinto.** *Siltojen korjausohjeet- SILKO.* Helsinki : Liikennevirasto/ Tiehallinto. TIEH2230095, LIVI 2230095.
31. **Liikennevirasto.** *Merimerkkien pintakäsittelyohje 2010, Metallirakenteet.* Helsinki : Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-558-8, Liikenneviraston ohjeita 25/2010.
32. **VTT.** *Siltojen monitorointiohje VTT-R-08082-12.* s.l. : VTT, 2012.
33. **Slough.** *Non-Structural cracks in concrete.* s.l. : The Concrete Society, 1992. Technical Report no. 22. ISBN o 946691.
34. **Hakola, Ilkka & Tirkkonen, Timo.** *Terässiltojen käyttöikä.* Espoo : Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1994. ISBN 951-38-4664-4. VTT Tiedotteita 1570.
35. **Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.** *muuratut rakenteet, RIL 99.* Helsinki : Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y., 1975. ISBN 951-758-004-5, RIL 99.
36. **Liikennevirasto.** *Ratatekniset ohjeet (RATO). Osa 2 Radan geometria.* Helsinki : Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-504-5. Liikenneviraston ohjeita 3/2010.

Valokuvaluettelo

- Liikennevirasto, kuvat: 20, 21, 25, 32, 37, 38-2, 65, 66, 68, 69, 70
- Sito Oy, kuvat: 1, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 38-1, 38-3, 39, 43, 46, 58, 72, 73, 74, 76, 77
- VR Track Oy , kuvat: 15, 16
- Vahanen Oy, kuvat: 22, 23, 24
- Siltaexpert Oy, kuvat: 41, 48
- Dimense Oy, kuvat: 42, 56
- VRT Finland Oy, kuvat 47, 53
- Ramboll Finland Oy, kuvat 49, 50
- Sukelluspalvelu Stella Maria, kuvat: 51, 52, 68
- Roadscanners Oy, kuvat: 54, 55
- VTT, kuva 57

Käsitteet ja määritelmät

Aukean tilan ulottuma, ATU; Aukean tilan ulottuma on pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella ei saa olla kiinteitä rakenteita eikä laitteita. Lisäksi on huomioitava sähköradan suojaetäisyys, jota ei saa alittaa (36).

Hanketason siltojenhallintajärjestelmä (Hanke- Siha); Siltojen hallintajärjestelmän osakokonaisuus, joka tarkastelee yksittäistä siltaa. Hanke- Siha muodostaa yhdessä taitorakennerekisterin kanssa työvälineen siltojen toimenpideohjelmoinnille.

Hoito; Rakenteen hoidolla tarkoitetaan jatkuvanlaatuista toimenpiteitä, joilla varmistetaan taitorakenteen liikennöitävyys ja liikenteen sujuvuus sekä liikenneympäristön siisteys. Toimenpiteet ovat määräaikaista tai tarpeen mukaan tehtäviä ja niiden tarkoituksena on myös vaurioiden ennalta ehkäisy.

Hoito-ohje; Vinoköysisilloille, riippusilloille, avattaville silloille ja muille vaativille taitorakenteille laadittava rakennekohtainen kunnossapito-ohje, jossa rakenteiden ja laitteiden tarkastus- ja huoltokohteet ja -ajankohdat määritetään yksityiskohtaisesti.

Korjausvaje; Korjaustarpeeseen nähden riittämättömän rahoituksen takia korjausten tekemättä jättämisestä pitkällä aikavälillä kertynyt ylläpidon rahoitustarve.

Korvausinvestointi; Taitorakenteen uusiminen kokonaan tai olennaisten muutosten tekeminen taitorakenteeseen.

Kunnonhallinta; Taitorakenteen kunnon hallinnointi tarkastus-, hoito- ja ylläpitotoiminnan perusteella tehtävien korjaus yms. toimenpiteiden avulla siten, että rakenteen kunnon pysyminen määrätyllä tasolla varmistetaan.

Kunnossapito; Taitorakenteeseen liittyvien hoito-, ylläpito- ja korjaustoimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää rakenne tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.

Kuntoindeksi; Rakenteen kuntoluokituksessa käytetty vertailukriteeri.

Kuntoluokka; Kuntoindeksin ja lasketun yleiskunnon sekä yleiskuntoarvion määrittelemä rakenteen kuntoluokka.

Käyttöikä; Ajanjakso, jonka ajan taitorakenteen ominaisuudet säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla edellyttäen, että rakennetta pidetään asianmukaisesti kunnossa.

Laajennusinvestointi; Suunnitelmaan perustuva toimenpide, jolla väylän tai sen osan toimivuutta parannetaan.

Laskettu yleiskunto (LYK); Rakenteen tarkastajan antamista päärakenneosien kuntoarvioista rakenneosien painokertoimilla painotettuna keskiarvona laskettu taitorakenteen yleiskunto.

Peruskorjaus; Kokonaiskorjaus, jossa kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenneosat kunnostetaan tai uusitaan ja taitorakenteen rakenteellinen ja toiminnallinen kunto palautetaan olevan käyttöiän edellyttämälle tasolle.

Rasitusolosuhde; Taitorakenteen tai sen osan käyttöikäkestävyyteen vaikuttaa kuormitusten lisäksi rakenne ja/ tai rakenneosakohtaiset ilmasto- ja olosuhderasitukset (esim. ilmansuunta, korkeussuhteet, pintojen asento (pysty, vaaka), altistuminen säteelle, altistuminen aurauslumelle ja liukkaudentorjunta- aineille, jään ja veden vaikutus jne.). Yhteisellä nimityksellä voidaan näitä tekijöitä kutsua rasitusolosuhteiksi.

Ratatyön suojaulottuma (RSU); Raidetta pitkin ulottuva tila, jonka sisällä ei saa työskennellä ilman ratatyölupaa tai turvamiesmenettelyä (27).

Rautatiealue; Liikenneviraston hallinnoima alue rakennuksineen ja rakennelmineen, jota käytetään rautatieliikenteen hoitamiseen, kuten rata, liikenteenohjaus- ja turvalaitteet, sekä muut rautatiejärjestelmän turvallisuuteen vaikuttaville laitteille tarkoitettut tilat.

Siltojen hallintajärjestelmä (Siha); Siltojen ylläpitotoimintaa ohjaava tietojärjestelmä (Bridge Management System, BMS).

Suunnittelukäyttöikä; Ajanjakso, jonka ajan rakenteen ominaisuudet säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla 95 % todennäköisyydellä edellyttäen, että rakennetta pidetään asianmukaisesti kunnossa.

Taitorakenne; Taitorakenteita ovat kaikki sellaiset rakenteet, joiden rakentamiseksi on laadittava lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat ja/ tai joiden rakenteellinen vaurioituminen suunnittelu- tai rakennusvirheen seurauksena saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai liikennejärjestelmälle ja merkittäviä korjauskustannuksia rakenteelle tai sen välittömälle ympäristölle

Taitorakennerekisteri; Siltarekisterin korvaava, taitorakenteiden ominaistietojen organisoitu rekisteri. Rekisteri sisältää rakenteiden perus-, kantavuus-, tarkastus-, korjaus- ja historiatiedot. Muuttuvat tiedot päivitetään reaaliaikaisesti. Rekisteri sisältää tiesillat, rautatiesillat, lautta- ja yhteysaluslaiturit, kanavat, merimerkit, johteet jne.

Taitorakenteiden hallintajärjestelmä; Hanke- Sihan korvaava, taitorakenteiden ylläpitotoimintaa ohjaava tietojärjestelmä.

Tavoiteikä; Rakennuttajan tai suunnittelijan asettama käyttöikävaatimus rakenteelle tai sen osalle.

Tehostettu tarkkailu; Huonon kantavuuden tai kriittisen vaurion vaatima taitorakenteen kunnan tai yksittäisen vaurion tehostettu seuranta.

Tiealue; Tietotoimituksessa haltuunotettu tietarkoituksiin varattu alue tai, jos rajoja ei ole toimituksessa määritetty, se ulottuu kahden metrin etäisyydelle ojan tai, missä ojaa ei ole, tieluiskan tai -leikkauksen ulkosyrjästä (Maantielaki 5 §).

Uusinvestointi; Suunnitelmaan perustuvan uuden taitorakenteen (rakennuskohteen) toteuttaminen.

Vauriokorjaus; Yksittäisen vaurion korjaus.

Vauriopistesumma (VPS); Yleistarkastustiedoista laskettu taitorakenteen vaurioitumista kuvaava suure.

Vuositarkastus; Kerran vuodessa tehtävä taitorakenteen hoitoon kuuluva silmämääräinen tarkastus.

Väyläalue (vesiväylä); Vesiliikenteen käyttöön tarkoitettu väylän reunalinjojen rajaama alue.

Yleiskuntoarvio (YKA); Taitorakenteen tarkastajan antama arvio rakenteen yleiskunnosta.

Ylläpito; Kertaluonteisia toimenpiteitä, joilla varmistetaan taitorakenteen liikennekelppoisuus sekä rakenteiden, varusteiden ja laitteiden toiminta ja säilyvyys.

Ylläpitokorjaus; Yksittäisen vaurion ylläpitoluonteinen taitorakenteen säilyvyyteen vaikuttava korjaus, jonka tarkoituksena on vaurion pahenemisen pysäyttäminen ja seurausvaikutusten syntymisen ehkäiseminen.

Tarkastajapätevyudet

VUOSITARKASTUS

Vuositarkastusten tekijällä tulee olla suoritettuna Liikenneviraston vuositarkastajakoulutus tai Liikenneviraston taitorakenteiden tarkastajatutkinto. Tarkastajalla on sen lisäksi oltava kokemusta taitorakenteista.

YLEISTARKASTUS

Yleistarkastusten tekijällä tulee olla suoritettuna Liikenneviraston taitorakenteiden tarkastajatutkinto ja lisäksi rakennusalan ammattitutkinto. Tarkastajalla on sen lisäksi oltava kokemusta taitorakenteista.

LAAJENNETTU YLEISTARKASTUS

Tarkastuksessa tulee olla mukana Liikenneviraston taitorakenteiden tarkastajatutkinnon suorittanut tarkastaja. Lisäksi tarkastuksessa on oltava mukana riittävän asiantuntemuksen ko. rakenteesta omaava henkilö, jonka pätevyysvaatimukset on määritetty erikseen rakennetyypin yleistarkastusohjeessa.

Esim. Terässillat (25):

”Teräsrakenteiden tarkastaja on perehtynyt terässiltojen erityispiirteisiin ja hänellä on AA-vaatimusluokan teräsrakenteiden suunnittelijapätevyys tai jokin muu Liikenneviraston hyväksyntä erityisesti terässiltojen tarkastukseen.”

ERIKOISTARKASTUS

Päätarkastajalta edellytetään Liikenneviraston taitorakenteiden tarkastajatutkintoa ja kokemusta yleistarkastusten tekemisestä.

Päätarkastajalla on oltava vähintään kolmen vuoden ajalta kokemusta taitorakenteiden erikoistarkastusten tekemisestä. Lisäksi hänen pitää olla aktiivisesti osallistunut vähintään 10 taitorakennekohteen tutkimusraportin laatimiseen. Päätarkastajan tulee olla silta-alan/ rakennustekniikan diplomi-insinööri tai kantavien rakenteiden suunnittelukokemusta tai vankkaa taitorakenteiden korjaussuunnittelu- ja erikoistarkastuskokemusta omaava rakennusalan insinööri.

Lisäksi betonirakenteiden erikoistarkastusten päätarkastajalta vaaditaan siltojen osalta FISE Oy:n myöntämä betonisiltojen a-vaatimusluokan kuntotutkijan tai muu vastaava pätevyys.

Päätarkastajan tulee suorittaa tarkastuskohteen yleistarkastus, laatia kohteen tutkimusohjelma sekä osallistua tarkastuksen kenttätöihin ja hyväksyä ja tarkastaa kohteen tutkimusraportti.

Muilta tarkastuksessa mukana olevilta henkilöiltä edellytetään riittävää perehtyneisyyttä tarkastusmenetelmiin ja tarkastusvälineiden käyttöön.

SUKELLUSTARKASTUS

Sukellustarkastukseen on nimettävä päätarkastaja, jolta edellytetään voimassa olevaa Liikenneviraston taitorakenteiden tarkastajatutkintoa. Sukellusryhmään kuuluva sukellustyönjohtaja, sukeltaja tai sukellusavustaja voi toimia päätarkastajana, jos hänellä on vaadittu sillantarkastajan pätevyys.

Sukellusryhmän vahvuus on pääsääntöisesti kolme henkilöä, kuitenkin vähintään kaksi. Kahden henkilön sukellusryhmää voidaan käyttää suotuisissa olosuhteissa ja yksinkertaisissa kertaluonteisissa tehtävissä.

Sukellustyössä on oltava aina nimetty sukellustyönjohtaja, joka vastaa sukellusryhmän toiminnasta ja johtaa sitä. Sukellustyönjohtajan erityisiä vastuualueita ovat sukellustyön suunnittelu ja sukellusturvallisuuden varmistaminen. Sukellustyönjohtaja voi toimia myös sukeltajana.

Sukeltajan pätevyysvaatimuksista määrätään työministeriön päätöksen 674/1996 2 §:ssä.

Sukellustyötä saa tehdä vain pätevä sukeltaja. Tehtävän edellyttämä pätevyys määräytyy työn laadun ja sukelluksen vaativuuden perusteella seuraavan ryhmittelyn mukaisesti:

- 1) tarkastus-, pelastus-, tutkimus- tai muu vastaava sukellustehtävä enintään 30 metrin syvyydessä (kevytsukeltaja);
- 2) myös muu kuin 1 kohdassa tarkoitettu työ enintään 50 metrin syvyydessä (ammattisukeltaja); tai
- 3) yli 50 metrin syvyydessä tehtävä työ.

Sukeltajan pätevyyden osoittamisesta säädetään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 127/2002, jolla muutetaan em. päätöksen (674/1996) 4 §:

Tehtävän mukainen pätevyys sukellustyöhön osoitetaan:

- 1) näyttötutkintona suoritetusta kevytsukeltajan tutkinnosta tai Pelastusopistossa suoritetusta soveltuvasta tutkinnosta annetulla todistuksella 2 §:n 1 kohdassa tarkoitettuihin tehtäviin;
- 2) näyttötutkintona suoritetusta ammattisukeltajan ammattitutkinnosta tai sen soveltuvasta osasta annetulla todistuksella 2 §:n 2 kohdassa tarkoitettuihin tehtäviin.

Sukellustyönjohtajan ja sukeltajan on hallittava tyypillisimmissä sukellusonnettomuuksissa työmaalla annettava hätäensiapu ja ensiaputoimenpiteiden johtaminen.

Sukellusavustaja:

- työhön perehdytetty henkilö
- suoritettuna peruskoulun oppimäärä
- hätäensiapukoulutus.

Tarkastustoiminta rautatiealueella

Turvallisuusohjeet työskentelystä rautatieympäristössä on esitetty Radanpidon turvallisuusohjeissa (TURO) (27). Sähköistetyllä rataosalla työskenneltäessä on noudatettava edellä mainitun ohjeen lisäksi ohjetta B 22 Sähkörataohjeet (28).

Myös rautatiesillan alla tapahtuva tarkastukseen liittyvä työ on työskentelyä rautatiealueella.

Yleistä, turvallisuusmääräykset, luvat

Taitorakenteiden tarkastajien tulee työn aikataulun ja toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa huolehtia, ettei rautatieliikenteen turvallinen ja esteetön kulku tarkastusten aikana vaarannu. Tarkastusten yhteydessä junaliikenteen nopeutta ei rajoiteta, ellei rajoittamisesta ole erikseen sovittu. Tarkastuksia suunniteltaessa ja tehtäessä on huomioitava rataosakohtaiset junaliikenteen nopeudet.

Tarkastajien laatimat rautatieliikenteeseen ja sen turvaamiseen vaikuttavat suunnitelmat on esitettävä tilaajan tai tilaajan valtuuttaman asiantuntijan hyväksyttäväksi riittävän aikaisin ennen toimenpiteen aloittamista.

Tarkastajien on noudatettava tarkastustyössään voimassaolevia juna- ja liikenneturvallisuuteen liittyviä määräyksiä, työturvallisuusmääräyksiä sekä tilaajan ja Liikenneviraston määräyksiä ja ohjeita työskennellessään rautatien läheisyydessä. Liikenteen alaisen raiteen läheisyydessä työskenneltäessä on noudatettava yleisiä rautatiealueella ja sähköistetyllä rataosalla työskentelyä koskevia määräyksiä ja ohjeita.

Tarkastajan on työssään noudatettava ja otettava huomioon tilaajan laatiman juna- ja työturvallisuutta koskevan Turvallisuusasiakirjan ja sitä täydentävän, rakenteen tarkastajan laatiman, Turvallisuussuunnitelman sisältöä.

Kaikki rautatiealueella tapahtuva työ on ratatyötä (niin myös tarkastustyö). Ratatyöhön on oltava liikenteenohjauksen lupa, kun työ

- estää tai vaarantaa liikennöinnin
- tehdään siten, että työvaihe, -väline tai -kone saattaa ulottua ratatyön suojaulottumaan
- vaikuttaa radan rakenteeseen
- kohdistuu käytössä olevaan turvalaitokseen
- tehdään työkoneella tai ajoneuvolla matkustajalaiturilla
- edellyttää liikennöinnin keskeyttämistä työturvallisuuden takia.

Ennen tarkastuksia tarkastajien on hankittava Liikenneviraston tai sen valtuuttaman tahon lupa, jos työ edellyttää varsinaista työskentelyä, mittauksia, erikoistutkimuksia, näytteidenottoa tai vastaavia toimenpiteitä ratatyön suojaulottumassa. Jos liikenteen alainen raide tai raiteita joudutaan työskentelyn aikana ylittämään tai mikäli aukean tilan ulottuman sisälle on lyhytaikaisestikin mentävä tai jokin osa koneesta/ telineestä saattaa sinne ulottua, on kyseisestä ratatyöstä tehtävä kirjallinen ennakkosuunnitelma, joka lähetetään rata- alueen liikennesuunnitteluun (TURO 4.2.1).

Ennakkosuunnitelma laatijan on mainittava suunnitelmalomakkeessa, jos ratatyöalueelle ei saa ajaa liikkuvalla kalustolla. Kyseisen raidevarauksen aikana raide on toi-

mintakunnossa, mutta liikenne täysin suljettu. Raidevarauskustannuksista vastaa sil-
lan tarkastaja.

Ennakkoon suunniteltu ja sitä kautta ennakoilmoitusjärjestelmään merkitystä rata-
työstä on vielä tehtävä Ratatyöilmoitus (Rt- ilmoitus) ennen kuin pyydetään lupaa
ratatyöhön. Työn lopettamisesta on myös ilmoitettava.

Työskentely rautatiealueella

Rakenteen tarkastajan tulee merkitä ratatyöalue ohjeen TURO kohdan 4.5.2 ohjeiden
mukaisesti. Työalueen merkinnän tulee näkyä myös veturinkuljettajalle.

Työskennellessään ratatyön suojaulottuman sisäpuolella, tarkastajan on työtä tur-
vaamaan järjestettävä turvamiespätevyyden omaava turvamies huolehtimaan ja var-
mistamaan junaliikenteen ja työntekijöiden turvallisuus. Turvamiehellä ei saa olla
turvaamistehtävän lisäksi muita tehtäviä.

Turvamiesmenettelyä ei saa käyttää seuraavissa tapauksissa:

- raiteen suurin nopeus on yli 140 km/h
- tarkastuskohde on tunnelissa
- tarkastuksen aikana on mentävä sillalle tai muuhun paikkaan, jossa ei ole riit-
tävää väistö- tai näkemäaluetta.

Raiteen vieressä liikkuvia koneita käytettäessä tarkastustyöt on järjestettävä ensisi-
jaisesti niin, ettei työskentelyalue ulotu ratatyön suojaulottuman sisäpuolelle. Rata-
työalueen viereisen raiteen suurin nopeus saa olla enintään 140 km/h, jos työskentely
tapahtuu ko. raiteen ratatyön suojaulottumassa (TURO 4.5.1.2).

Junan lähestyessä viereisellä raiteella tarkastuskohdetta henkilönostimien ja muiden
koneiden työt on keskeytettävä junan ohittamisen ajaksi.

Lisäohjeita työskentelystä sähköistetyillä radoilla

Sähköistetyllä radalla jännite on 25 000 V ja sen läheisyydessä työskenneltäessä on
noudatettava edellä esitettyjen määräysten lisäksi sähköistetyillä radoilla tehtäviä
toimia koskevia erityisohjeita sekä sähkö- ja työturvallisuusmääräyksiä. Kaikkien säh-
köradalla työskentelevien henkilöiden on tunnettava tehtäviensä edellyttämässä laa-
juudessa sähköratamääräykset ja sähköturvallisuusmääräykset ja noudatettava niitä.

Kaikkien henkilöiden, jotka osallistuvat työhön sähkölaitteistossa tai sen läheisyy-
dessä on oltava opastettuja tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin säädök-
siin, vaatimuksiin ja ohjeisiin standardin SFS 6002 mukaisesti.

Tehtävään opastetun henkilön työskentelyalueen vähimmäisetäisyydet sekä työko-
neen tai kuorman vähimmäisetäisyydet ratajohdon jännitteisistä osista on esitetty
ohjeen TURO kohdassa 1.4.2.

Rautatiealueella tapahtuvista nosturilla tehtävistä nostoista on tehtävä kirjallinen
nostosuunnitelma (voi olla osa työmaasuunnitelmaa) ja telineestä on laadittava kir-
jallinen käyttösuunnitelma. Jos nosturin tai telineen työskentelyalue ulottuu 5,0 met-
riä lähemmäksi sähköistetyn radan jännitteisiä rakenteita tai paluujohdinta, on sen
käytölle haettava lupa käytönjohtajalta.

Nosturin tai telineen sivusuuntaisen etäisyyden sähköradasta tulee olla vähintään 3 metriä. Nosturin tai telineen runko maadoitetaan työn ajaksi paluukiskoon 25 mm²:n kuparijohtimella. Maadoitustarpeen määrittää paikallinen raideliikenteen sähköalan asiantuntija.

Työskentely jännitteisten rakenteiden yläpuolella on kielletty ilman sähkölaitteiston käytön johtajan antamia erityisohjeita. Jos joudutaan työskentelemään vähimmäisetäisyyksiä (TURO) lähempänä jännitteisiä osia eikä käytetä suojarakenteita, on tehtävä kirjallinen jännitekatkopyyntö rautatieliikenteen paikalliselle organisaatiolle riittävän aikaisin ennen tarkoitettua työaikaa. Raiteen jännitekatko ei merkitse liikennekatkoa, ellei niin erikseen sovita. Jännitekatkot ovat maksullisia.

Jokaisesta jännitekatkosta on tehtävä kirjallinen sopimus sähköraiteen työmaadoituksen asentajan kanssa. Jännitekatkoa ei saa tulkita alkavaksi ilmoitettuna kellonajana. Jännitekatko alkaa ja työt saa aloittaa, kun työmaadoituksen asentaja antaa allekirjoittamansa jännitekatkon sopimuskaavakkeen työstä vastaavalle henkilölle ja työstä vastaava henkilö on sen allekirjoittanut. Jännite kytketään takaisin vasta, kun työstä vastaava henkilö on antanut allekirjoittamansa sopimuskaavakkeen työmaadoituksen purkajalle ilmoituksena töiden lopettamisesta. Jännitettä ei kytketä ennen tätä ilmoitusta. Maadoitustöihin kuuluu jännitekatkon molemmissa päissä noin puoli tuntia, joten käytännössä jännitekatko on noin tunnin ilmoitettua lyhyempi.

Mittauksissa on käytettävä metallisten mittanauhojen sijasta muovinauhoja ohjaus- ja turvalaitevirtapiirien ja nauhaan indusoituvan sähkövirran vuoksi.

Tarkkailusillat

Tarkkailusiltaverkosto on perustettu vuonna 1991. Se on koko maan tiesiltoja kuvaava otossiltajoukko, jonka avulla seurataan siltojen kunnan kehitystä ja tarkennetaan siltojen hallintajärjestelmän vauriomalleja.

Verkoston tavoitteena on:

- siltojen ikäkäyttäytymisen seuranta
- tarkkojen tietojen kerääminen rakennusmateriaalien ja rakenneosien käyttäytymisestä
- sillan säilyvyyteen vaikuttavien tekijöiden selvittäminen
- tarkastusmenetelmien kehittäminen

Tarkkailusillat on valittu rakennusmateriaalin, siltatyyppin ja valmistusvuoden perusteella siten, että ne edustavat otoksena koko maan siltakantaa. Tarkkailusiltaverkosto käsittää 142 siltaa, joista on käytössä olevia 115. Sillastoa voidaan täydentää tarpeiden ja resurssien mukaan.

Tarkkailusiltoja on Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Pirkanmaan ja Pohjois-Savon ELY- keskusten alueella kussakin n. 20–25 kpl ja Oulun ja Lapin ELY- keskusten alueella n. 10–15 kpl kummassakin.

Tarkkailusillat tarkastetaan viiden vuoden välein, n. 25 siltaa vuodessa (U, T, H, SK, O+L). On erittäin tärkeää, että tarkastukset tehdään samojen tarkastajien toimesta, jolloin tulokset ovat varmimmin keskenään vertailukelpoisia ja siltojen ikäkäyttäytymisen seurantatulokset saadaan luotettaviksi.

Vuosittain laadituissa tarkastusraporteissa on annettu siltakohtainen arvio rakenteiden kunnosta. Tarkastustulokset on kirjattu myös taitorakennerekisteriin. Lisäksi rakenteista irrotetaan näytteitä tarkempia laboratoriotutkimuksia varten. Näytetutkimusten tulokset on vuosittain raportoitu VTT:n tutkimusselostuksissa.

Tarkkailusiltojen tarkastuksia ja näytetutkimuksia on tehty vuodesta 1991 lähtien, aluksi koeluontoisesti. Vuodesta 1994 toiminta on ollut järjestelmällistä siten, että viidessä vuodessa on saatu yksi tarkastuskierros suoritetuksi. Vuonna 2009 alkoi neljäs tarkastuskierros. Se päättyy vuoden 2013 lopussa.

Vuonna 1998 tehtiin em. laboratorio- ja kenttätutkimusten tulosten tilastollinen analyysi, jonka tulokset on raportoitu VTT Rakennustekniikan tutkimusselostuksessa RTE30516/98. Selvityksen avulla on saatu varsin tarkka kuva siltojen betonin puristuluslujuudesta, huokoisuudesta, tiiviyydestä, karbonatisoitumisnopeudesta ja betonipeitepaksuudesta. Näitä tietoja voidaan käyttää ja on käytetty hyväksi siltojen myöhemmissä ikäkäyttäytymismalleissa.

Tähän mennessä tehdyt tarkkailusiltaverkoston tutkimukset ovat keskittyneet pääasiassa betonin perusominaisuuksien selvittämiseen sekä siltojen turmeltumisen varhaisvaiheen ts. karbonatisoitumisen ja kloridien tunkeutumisen tutkimiseen. Jatkossa tulisi kiinnittää enemmän huomiota myöhemmän vaiheen vaurioihin kuten pakkas- ja korroosiovaurioihin, jotka määräävät siltojen elinkaaren loppupään. Halkeamatutkimukset tulisi myös sisällyttää tuleviin tarkkailusiltojen tutkimusohjelmiin.

Vuonna 2001 laadittiin selvitys Tiehallinnon selvityksenä Tarkkailusillaston edustavuusanalyysi sekä esimerkkejä siltojen ikäkäyttämismalleista.

Uusi perusteellinen analyysi tarkastustuloksista on suunniteltu vuodeksi 2013, jolloin neljäs tarkastuskierros umpeutuu. Samalla arvioidaan lisätutkimusten tarpeellisuutta ja tarkkailusillaston arvoa siltojen ylläpitotoiminnassa.

1. RAKENTEEN OMINAISTIEDOT

Rakenteen nimi ja sijaintitieto	Rakenteen numero
Rakenteen tyyppi	
Rakenteen päämitat	Rakennussuunnitelman numero
Rakenteen perustamistapa	

Päätös tehostetun tarkkailun aloittamisesta
Tarkkailun vastuuhenkilö
Tarkkailun asettamisen syy

[illegible]

☐ Mittaustulokset kpl

VAURIOASTEET	
0	ei muutoksia
1	vähäisiä muutoksia
2	pahenee tasaisesti
3	pahenee kiihtyvästi
4	tila kriittinen

Tiesiltojen suunnittelukuormien kehitys

Ensimmäinen tiesiltojen suunnittelua koskeva ohje on annettu kiertokirjeellä vuonna 1891 (tasainen kuorma 250–400 kg/m² tai ajoneuvo 3000–5000 kg). Ensimmäiset siltojen suunnittelua ohjaavat teknilliset määräykset on annettu vuonna 1921. Niiden mukaan sillat suunniteltiin koko 1920-luvun ajan kuuden tonnin kuorma-autolle ja 400 kg/m²:n tasan jakautuneelle kuormalle.

Seuraavalla vuosikymmenellä otettiin käyttöön uusi suunnittelukuorma, jonka mukaan sillat suunniteltiin kahdelle 9 tonnin painoiselle kuorma-autolle tai yhdelle 9 tonnin kuorma-autolle sekä 400 kg/m²:n tasaiselle kuormalle. Jännemitan ylitettyä 40 metriä tasan jakautunut kuorma laskettiin kaavasta:

$$p = 480 - 2L \quad \text{jossa } L \text{ oli jännemitta.}$$

Akselikuormissa alettiin ottaa huomioon jännemitan mukaan määräytyvät sysäyslisät 40–10%. 1950-luvulta lähtien on kehitys tapahtunut rakenteiden kuormitusmääräysten (RKM), kuormitusnormien (RKN) ja pohjoismaisten kuormitusmääräysten (PKM) mukaan seuraavasti:

- 1950 (A II/RKM 1955): Akselikuorma 12 t (sysäyslisä 40 %) sekä nauhakuorma 1,8–0,9 t/m (kolmen metrin kaistalle). Jos jännemitta (L) oli 15–75 m, laskettiin nauhakuorma (p) kaavasta:
$$p = 1/4 \cdot (1 + 90/(L + 15)) \cdot 1,8 \text{ t/m}$$
- 1953 (A I / RKM 1955): Akselikuorma 14 t sekä nauhakuorma 2,4...1,2 t/m.
- 1961 (Ak I): Tarkistuskuormina otettiin käyttöön telikuormat I ja II sekä erillinen pyöräkuorma E_{pk} 10 t.
- 1971 (PKM 71 / RKM 1975): Kolme 21 tonnin akselia sekä tasainen kuorma 0,3 t/m². Tarkistus erikoiskuormalle Ek I tai Ek II.
- 1991 (TIEL 91): Kuormaluokat I ja II. Kuormaluokassa I on kolme 210 kN:n akselia sekä tasaisesti kuormakaistan leveydelle jakautunut nauhakuorma 9 kN/m. Tarkistus raskaalle erikoiskuormalle Ek 1 tai Ek 2. (Suunnittelukuorman merkintä esim. Lk I, Ek 1/TIEL 91, vuodesta 1999 alkaen Lk I, Ek 1/TIEL 99).

1.6.2010 Liikennevirasto siirtyi Euronormien käyttöön suunnittelussa. Tiesilloille on kolme erilaista suunnittelukuormaa:

- Normaali liikennekuorma LM1 / 1.6.2010, jossa telikuormana kaksi 300 kN akselia ja 9 kN/m² tasaista kuormaa, rinnakkaisella kaistalla telikuorma kaksi 200 kN akselia ja 2,5 kN/m² tasaista kuormaa, kolmannella kaistalla telikuorma 100 kN/akseli ja 2,5 kN/m² tasaista kuormaa, seuraavilla kaistoilla vain 2,5 kN/m² tasaista kuormaa.
- LM1, LM3 / 1.6.2010 liikennekuorma, jos silta sijaitsee suurten erikoiskuljetusten reitillä. Kaavio käsittää kaksi 3 metrin levyistä ja 0,1 metrin pituista tasaista kuormaa 45 kN/m², joiden väli on 0,15 metriä. Tämä kuorma sijoitetaan vain yhdelle kaistalle.
- Yksityisteiden siltojen kuorma LM1 (Y) / 1.6.2010, jossa eri kaistojen telikuormat ovat 2*240 kN, 2*120 kN ja 2*80 kN. Vastaavasti tasainen kuorma on 7,5 kN/m² ja seuraavilla kaistoilla 2 kN/m².

Kevyen liikenteen silloille on olemassa yksi suunnittelukuorma KL /1.6.2010, jossa huoltoajoneuvon akselit ovat 80 kN ja 40 kN ja rautatiesilloille LM71-35 / 1.6.2010, jossa akselipaino on 350 kN.

Kevyen liikenteen silloille on olemassa yksi suunnittelukuorma KL /1.6.2010, jossa huoltoajoneuvon akselit ovat 80 kN ja 40 kN ja rautatiesilloille LM71-35 / 1.6.2010, jossa akselipaino on 350 kN.

Euronormien mukaisista kuormista katso lisää Eurokoodin sovellusohje, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCC1, Liikenneviraston ohjeita 23/2010. Suunnittelukuormien kehityksestä on kattava kuvaus julkaisussa Siltojemme historia (59).

TIESILLOILLA ESIINTYVÄT SUUNNITTELUKUORMAT		
Kuorma	Vuosiluku	Selitys
6 t auto	1920-luku	
9 t auto	1930-luku	
12 t auto	1940-luku	
AIII	1950-luku	Yksityisillä tai niihin verrattavilla teillä
AII	1950	
AI	1953	
AI+teli	1961	
AkIII,Ek3	1969	III-lk tien sillan suunnittelukuorma
AkII,Ek2	1969	
AkI,Ek2	1969	
AkI,Ek1	1969	
PKM71,Ek1	14.2.1974	Väliaikainen pohjoismainen tiesiltojen kuormamääräys. TVH:n päätöksellä otettu viralliseksi suunnittelukuormaksi vuoden 1975 Rakenteiden kuormitusnormeihin
PKM71,Ek2	14.2.1974	Väliaikainen pohjoismainen tiesiltojen kuormamääräys. TVH:n päätöksellä otettu viralliseksi suunnittelukuormaksi vuoden 1975 Rakenteiden kuormitusnormeihin
Maa 75	1.1.1975	Ajoneuvoasetus
LkI,Ek1, LkI,Ek2 LkII,Ek2	1982	TVH/Sss: Siltojen kuormat, TVH 722072 Hki
Klk	1982	Kevyenliikenteen kuorma
AA 90	1.1.1990	Ajoneuvoasetus
LkI,Ek1, LkI,Ek2 LkII,Ek2	1991	TIEL 91 Siltojen kuormat (vähäinen päivitys vuoteen 1982)
Klk	1991	Kevyenliikenteen kuorma, TIEL 91
LkI,Ek1, LkI,Ek2 LkII,Ek2	1999	TIEL 99 Siltojen kuormat (vähäinen päivitys vuoteen 1991)
Klk	1999	Kevyenliikenteen kuorma, TIEL 99

KL	1.6.2010	Kevyenliikenteen kuorma, Eurokoodi, kansallinen liite NCC1
LM1	1.6.2010	Normaali liikennekuorma, Eurokoodi, kansallinen liite NCC1
LM1,LM3	1.6.2010	Yliraskaiden ajoneuvojen kuorma, Eurokoodi, kansallinen liite NCC1
LM1(Y)	1.6.2010	Yksityisteiden sillat, Eurokoodi, kansallinen liite NCC1

Rautatiesiltojen suunnittelukuormien kehitys

Suomen ensimmäiset rautatiesillat olivat teräsrakenteisia. Sillat tilattiin Englannista 1860- luvun alussa eikä niiden laskelmien perusteena käytetyistä kuormitusolettamuksista ole tarkkaa tietoa. Suunnitteluperusteina lienee käytetty kyseisten maiden kansallisia ohjeita.

Vuosina 1879- 1883 rakennetun Tampere- Vaasa- radan siltojen suunnittelukuormissa ilmeisesti käytettiin tasan jakautunutta kuormitusta akselikuormien ohella. Vastaavaa akselipainoihin perustuvaa kuormakaaviota on käytetty myös näitä myöhemmillä rautatiesilloilla.

Tarkistuslaskelmien perusteella on todettu, että vuoden 1899 kuormakaavioksi nimetty kaavio vastaa näitä aiempia kuormitusolettamuksia.

Ensimmäiset viralliset normit rautatiesiltojen laskemiseksi julkaistiin 1910. Tämä kuormakaavio sisälsi 15 tonnin akselipainoryhmän sekä eri akseliryhmiä, joilla pituus- ja poikkikannattimet oli tarkistettava. Näissä normeissa oli jo mukana ohjeita lisävoimien, kuten tuuli- ja jarruvoimien, huomioimisesta.

Rautatiekaluston akselipainojen kasvun vuoksi sekä ehkä myös silloisen yhdysliikenteen kasvun vuoksi siirryttiin 1914 rautatiesiltojen suunnittelussa käyttämään Venäjän rautateiden kuormakaaviota.

Laskentamenettelyjen kehittyessä julkaistiin 1926 ohjeet: ”Normaalimääräyksiä rautateiden rautatiesiltojen laskemisesta”. Määräykset sisälsivät yksityiskohtaiset ohjeet terässiltojen kuormituksesta, lisävoimista, sallituista jännityksistä ja mitoituksista.

1930- ja 1940- luvulla höyryveturien painot nousivat edelleen ja sotien jälkeen ruvettiin Suomessa liikennöimään raskaalla neuvostoliittolaisella vaunukalustolla. Tämän vuoksi rautatiesiltojen kuormitusmääräykset uusittiin 1948. Näitä kuormitusmääräyksiä päivitettiin 1974 nostamalla vaihtoehtoisen kuormaryhmän akselipainot 22 tonnista 25 tonniin. Muilta osin määräykset pysyivät ennallaan.

Myös 1900- luvun loppupuolella voimaan tullut kuormakaavio VR-74 oli pääosiltaan sama kuin vuoden 1948 kuormakaavio päivitettynä vuoden 1975 akselipainon korotuksella.

Tällä hetkellä on käytössä kuormakaavio LM 71- 35, jonka Ratahallintokeskus vahvisti vuonna 2001 käytettäväksi kuormakaavioksi ja joka on 2010 päivitetty osana Eurokoodeja. Suunnittelukuormien kehityksestä on kattava kuvaus julkaisussa Siltojemme historia.

RAUTATIESILLOILLA ESIINTYVÄT SUUNNITTELUKUORMAT		
Kuormakaavio/Kuorma	Vuosiluku	Selitys
VR1899	1899	Rautatiesiltoja Ouluun, Vaasaan, Kajaaniin ja Pietariin vievillä radoilla
VR 1903/ 9-15 t akselipainot	1903	Akselipainojen huomattava korotus aiemmas- ta. Käytettiin Savonlinnan, Kemin - Rovanie- men ja Joensuu - Lieksan radoilla
VR 1903/ 15 t akselipainoryhmä + pituus- ja poikkikannat- timien tarkistus	1910	"Normen för beräkning af järnvägsbroar vid Finska Statsjärnvägarna" ensimmäiset viralli- set ohjeet rautatiesiltojen suunnitteluun poik- kesivat vain vähän aiemmista kuormakaaviois- ta. Käytettiin Lieksan - Nurmeksen ja Seinäjo- en - Kristiinan - Kaskisten radoilla
VR 1914/ 5 kpl 20 t veturin akselia + 4 kpl 14 t tenderiä	7.5.1914	Samansisältöiset määräykset kuin Venäjän rautateillä. Vanhatkin sillat oli vahvistettava.
VR 1926/ 7 kpl 18 t akselia	1926	
VR 1948/ 7 kpl 20 t akselia + vau- nujono 7,5 t/m tai 4 kpl 22 t akselia	1948	
VR-74/ 7 kpl 20 t akselia + vau- nujono 7,5 t/m tai 4 kpl 25 t akselia	1974	Vain vaihtoehtoisen kuormaryhmän akselipai- not kasvoivat, muuten pysyi ennallaan.
LM 71- 35/ 4 kpl 37 t akseli + vaunu- jono 12 t/m	2001	kuormat 1,46-kertaiset kansainväliseen UIC-71 kaavioon nähden
LM 71- 35/ 4 kpl 370 kN akseli + vaunujono 120 kN/m	1.6.2010	Rautatiesillan liikennekuorma, Eurokoodi, kansallinen liite NCC1.

Euronormien mukaisista kuormista katso lisää Eurokoodin sovellusohje, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCC1, Liikenneviraston ohjeita 23/2010.

Taitorakenteiden tarkastustoiminnan kehitys

Tiesillat

Tiesiltojen tarkastustoimintaa on suoritettu kautta aikojen. Siltojen tarkastuksia ovat suorittaneet siltavoudit, vallesmannit ja heitä seuranneet muut virkamiehet.

Periaatteessa nykymuotoisen tarkastusjärjestelmän ensimmäiset askeleet otettiin vuonna 1962 TVH:n aloitettua siltojen tarkastamisen. Siltojen teknillisiä lopputarkastuksia on tehty 1960-luvun alkupuolelta lähtien ja vuodesta 1967 lähtien tiepiirien täytyi raportoida niistä keskushallinnon siltaosastolle. Säännöllistä vuositarkastustoimintaa yritettiin saada käyntiin jo vuodesta 1967 alkaen, mutta vasta vuonna 1977 tiemestarit alkoivat säännöllisesti tarkastaa alueensa siltoja.

Yleistarkastukset muodostuivat siltatarkastusten rungoksi vuodesta 1970 alkaen, jolloin TVH määräsi piireihin siltaisinöörit, joiden tehtävänä oli toimia siltatarkastusten vastuuhenkilöinä. Yleisten teiden sillaston ensimmäinen tarkastuskierros (inventointi) vei aikaa yli 15 vuotta. Myöhemmin tarkastusväliksi muotoutui 4-8 vuotta.

Aluksi tarkastuksissa käytettiin apuna muistilistaa (sillantarkastusselostus), joka oli TVH:n kirjeen liitteenä. Painetut tarkastusohjeet valmistuivat SILKO- projektin osana vuonna 1986.

Tielaitoksen siltojen tarkastustoiminta kehittyi voimakkaasti 1980 ja -90 -lukujen vaihteessa siltojen hallintajärjestelmän (Siha) kehittämisen yhteydessä. Painopiste siirtyi kuntotiedoista vauriotietoihin ja vuoden 1986 sillantarkastusohjeen vaurioluokitusta täydennettiin. Sillantarkastustietojen luokittelu- ja kirjaamisohjeet sisältävä Sillantarkastuskäsikirja julkaistiin vuonna 1990. Sillantarkastustoiminnan nopean kehittymisen takia käsikirja on uusittu useita kertoja (4).

Päävastuu siltojen kunnossapidosta on kuulunut tiepiireille ja edelleen tiemestaripiireille. Tiemestarit ovat seuranneet siltojen kuntoa vaihtelevalla tarkkuudella. Käytännössä pyrittiin yhdenmukaistamaan koulutuksen avulla vuonna 1976. TVH:n kunnossapitotoimisto laati siltojen kunnossapito-ohjeen vuonna 1982. Tiehallituksen siltayksikö uusi ohjeen vuonna 1992 ja Tiehallinnon siltatekniikka uudelleen vuonna 2004. Viimeisin päivitys Sillantarkastuskäsikirjaan on tehty 2006. Nykyisin siltojen kunnossapitovastuu on ELY- keskuksilla.

Rautatiesillat

Rautatiesiltojen kunnossapidon täsmentämiseksi annettiin vuonna 1927 tarkat määräykset Valtion rautateiden siltojen tarkastuksista ja kunnossapidosta. Määräykset velvoittivat ratajakson päälliköt vuosittain tarkastamaan sillat ja merkitsemään tarkastuksissa tehdyt havainnot siltakirjaan. Noin joka seitsemäs vuosi oli sillanrakennusjaoston siltaisinöörin suoritettava, yhdessä ratajakson päällikön kanssa, kaikkien siltojen päätarkastus, joista havainnot merkittiin päätarkastuspöytäkirjaan. Vuoden 1927 sillantarkastusohjeiden mukaan toimittiin pääpiirteissään vielä 1990-luvulla, joskin pieniä muutoksia tehtiin 1984 ja 1995.

Rautatiesiltojen tarkastusjärjestelmä sisältää pääpiirteissään, tiesiltojen tapaan, useita eritasoisia tarkastuksia. Alin tarkastustaho oli radan tarkastukseen liittyvä keraisin ja syksyisin tehtävä siltatarkastus, jonka suoritti rataosasta vastaava mestari.

Vuositarkastuksen suoritti sen ratajakson siltainsinööri, johon kyseinen rata- alue kuului, yhdessä rata- alueen päällikön kanssa. Pää tarkastukset suoritettiin 7-8 vuoden välein ja ne suorittivat siltaryhmän asiantuntija yhdessä ratakeskuksen siltainsinöörin tai hänen edustajansa kanssa.

Vesiväylien taitorakenteet

Vesiväyliin liittyvien taitorakenteiden tarkastuksia on Merenkululaitoksessa tehty vuoteen 2010 saakka ylläpidosta vastuussa olleiden operatiivisten yksiköiden toimesta. Tarkastukset ovat perustuneet silmämääräisiin tarkastuksiin ja kokemusperäiseen tietoon rakenteiden kunnosta. Rakenteille on määritetty kuntoluokat. Turvalaitteiden kunnan tarkastaminen on ohjeistettu Liikenneviraston ohjeella ”Ohje merenkulun turvalaitteiden kunnan silmämääräiseen arviointiin, 2010”.

Laituritarkastuskäsikirja on ohjeistanut ensisijaisesti Liikenneviraston ja Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY) hallinnoimien maantielaiturien, yhteysaluslaiturien, lossi- ja lauttalaiturien sekä rantamuurien tarkastustoimintaa (19). Lisäksi ohjetta on voitu soveltuvin osin hyödyntää myös muiden vesirakenteiden tarkastamisessa.

Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirja antaa tarkemmat ohjeet kanavien tarkastamisesta (18). Kiinteiden merimerkkien tarkastamisesta laaditaan myös omaa ohjetta..

